Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

MATHÉMATIQUES

SUR QUELQUES APPROXIMATIONS DANS LE PROBLÈME DES MOMENTS GÉNÉRALISÉ

Par M. KRAVČUK, de l'Académie Ukranienne

Soient

$$P(x) = \int_{\infty}^{x} p(x)\,dx,$$

$$Q(x) = \int_{\infty}^{x} dQ(x)$$

deux fonctions non-négatives, non-décroissantes, qui satisfont aux égalités

$$\int_{\alpha}^{\alpha+T} \cos k\pi \frac{x-\alpha}{T} \cdot dQ(x) = \int_{\alpha}^{\alpha+T} \cos k\pi \frac{x-\alpha}{T} \cdot dP(x) \qquad (1)$$

$$(k = 0, 1, \ldots, n).$$

Alors, en introduisant la notation

$$M = \lim \sup |p(x)| \qquad (\alpha \leqslant x \leqslant \alpha + T),$$

on a (1), (2):

$$\left| \int_{\alpha}^{x} dQ(x) - \int_{\alpha}^{x} dP(x) \right| < \frac{TM}{n}(A + B \log n) \qquad (2)$$

$$(\alpha \leqslant x \leqslant \alpha + T),$$

où A et B sont deux constantes absolues. D'ailleurs s'il existe, un nombre N, vérifiant l'inégalité:

$$|p(x) - p(x')| < N \cdot |\log(x - x')|^{-1-\delta} \qquad (\alpha \leqslant x \leqslant \alpha + T,\ \delta > 0),$$

on a (2):

$$\left| \int_{\alpha}^{x} dQ(x) - \int_{\alpha}^{x} dP(x) \right| < \frac{T(AM + BN)}{n} \qquad (2')$$

$$(\alpha \leqslant x \leqslant \alpha + T).$$

Dans cette note on démontre et on applique à la théorie des probabilités les formules (9), (9'), (14) et (14') analogues à (2) et (2') pour

les cas où les égalités (1) ne sont vérifiés qu'approximativement et sans restreindre les valeurs de la vari ble x.

§ 1. Supposons que les différences:

$$\zeta_k = \int_{\alpha}^{\alpha+T} \cos k\pi \frac{x-\alpha}{T} \cdot dQ(x) - \int_{\alpha}^{\alpha+T} \cos k\pi \frac{x-\alpha}{T} \cdot dP(x) \tag{3}$$

$$(k = 0, 1, \ldots, n),$$

vérifient la condition

$$2\zeta_k | < \zeta. \tag{4}$$

Alors, en posant

$$\varphi(x) = \frac{1}{T}\left[\zeta_0 2\zeta_1 \cos \pi \frac{x-\alpha}{T} + 2\zeta_2 \cos 2\pi \frac{x-\alpha}{T} + \ldots + 2\zeta_n \cos n\pi \frac{x-\alpha}{T}\right],$$

$$\bar{\varphi} = \operatorname{Max} |\varphi(x)|,$$

on obtient:

$$\bar{\varphi} \leqslant \frac{(n+1)\zeta}{T}, \tag{5}$$

$$\left| \int_{\alpha}^{x} \varphi(x)\, dx \right| \leqslant \zeta \cdot \frac{2 + \log n}{\pi} \qquad (\alpha \leqslant x \leqslant \alpha + T). \tag{6}$$

Pour les fonctions non-négatives:

$$dQ_1 = dQ + \bar{\varphi} dx - \varphi dx,$$

$$dP_1 = dP + \bar{\varphi} dx, \tag{7}$$

on a les inégalités du type (1):

$$\int_{\alpha}^{\alpha+T} \cos k\pi \frac{x-\alpha}{T} \cdot dQ_1(x) = \int_{\alpha}^{\alpha+T} \cos k\pi \frac{x-\alpha}{T} \cdot dP_1(x)$$

$$(k = 0, 1, \ldots, n)$$

et, par conséquent, on a respectivement les formules (2) et (2′):

$$\left| \int_{\alpha}^{x} dQ_1(x) - \int_{\alpha}^{x} dP_1(x) \right| < \frac{T(M+\bar{\varphi})}{n} (A + B \log n), \tag{8}$$

$$\left| \int_{\alpha}^{x} dQ_1(x) - \int_{\alpha}^{x} dP_1(x) \right| < T \cdot \frac{A(M+\bar{\varphi}) BN}{n} \tag{8′}$$

$$(\alpha \leqslant x \leqslant \alpha + T).$$

À l'aide des formules (5), (6) et (7), on en déduit respectivement:

$$\left| \int_{\alpha}^{x} dQ(x) - \int_{\alpha}^{x} dP(x) \right| < \left(\frac{TM}{n} + \zeta\right)(A_1 + B_1 \log n), \tag{9}$$

$$\left| \int_{\alpha}^{x} dQ(x) - \int_{\alpha}^{x} dP(x) \right| < \frac{T(AM+BN)}{n} + \zeta(C + D \log n) \tag{9′}$$

$$(\alpha \leqslant x \leqslant \alpha + T),$$

A_1, B_1, C, D étant des constantes absolues.

§ 2. Soit $R(x)$ une fonction de répartition des probabilités, vérifiant la condition

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |x|^r \, dR(x) = 1 \qquad (r > 0).$$

Alors l'inégalité généralisée de Tchebycheff-Markoff donne:

$$\left.\begin{aligned} \int_{-H}^{-\tau+a} dR(x) &= O\left(\frac{1}{\tau^r}\right), \\ \int_{+\tau-a}^{+H} dR(x) &= O\left(\frac{1}{\tau^2}\right) \end{aligned}\right\} \qquad (H \geqslant \tau > 0), \tag{10}$$

où a est un nombre borné arbitraire.

En désignant par λ un nombre arbitraire réel et borné, démontrons pour l'intégrale

$$I_\lambda = \int_{-\tau}^{+\tau} e^{i\lambda^{-1}\pi x} \, dR(x) \tag{11}$$

l'égalité suivante:

$$I_\lambda = O\left(\frac{1}{\tau^r}\right). \tag{12}$$

On a, en effet:

$$I_\lambda = \int_{-\tau-\lambda}^{+\tau-\lambda} e^{i\lambda^{-1}\pi x} \, dR(x+\lambda) = -\int_{-\tau}^{+\tau} e^{i\lambda^{-1}\pi x} \, dR(x+\lambda) +$$

$$+ \int_{\tau-\lambda}^{\tau} e^{i\lambda^{-1}\pi x} \, dR(x+\lambda) - \int_{-\tau-\lambda}^{-\tau} e^{i\lambda^{-1}\pi x} \, dR(x+\lambda).$$

En ajoutant l'égalité (12) à celle de (11), on obtient:

$$2I_\lambda = \int_{-\tau}^{+\tau} e^{i\lambda^{-1}\pi x} \, d[R(x) - R(x+\lambda)] + O\left(\frac{1}{\tau^r}\right).$$

Si l'on intègre alors par parties et utilise le second théorème de la moyenne, on parvient définitivement au résultat (12).

Donc, dans le cas, où

$$|\alpha|, \ |\alpha + T| \geqslant \tau$$

et le nombre $\frac{T}{k}$ est borné, on en tire l'évaluation suivante pour les grandeurs (3):

$$\zeta_k = O\left(\frac{1}{\tau^2}\right). \tag{13}$$

À l'aide des résultats de ce paragraphe, en supposant que $P(x)$, $Q(x)$ sont des fonctions de répartition des probabilités du type $R(x)$, on tire sans peine de (9) et (9′) les formules suivantes:

$$\left| \int_{-\infty}^{x} dQ(x) - \int_{-\infty}^{x} dP(x) \right| < \left(\frac{TM}{n} + \zeta\right)(A_1 + B_1 \log n) + O\left(\frac{1}{\tau^r}\right), \tag{14}$$

$$\left| \int_{-\infty}^{x} dQ(x) - \int_{-\infty}^{x} dP(x) \right| < \frac{T}{n}(AM + BN) + \zeta(C + D \log n) + O\left(\frac{1}{\tau^r}\right) \quad (14'),$$

$$|\alpha|, |\alpha + T| \geqslant \tau.$$

§ 3. Exemple. Soit

$$dP(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}} dx,$$

$$\tau = \frac{T}{2}, \quad \alpha = -\frac{T}{2}, \quad r = 2.$$

Prenons pour $Q(x)$ la fonction de répartition des probabilités de la somme

$$x = x_1 + x_2 + \ldots = \sum_j x_j$$

des variables indépendantes:

$$x_1, x_2, \ldots,$$

où

$$E(x_j) = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots),$$

$$\sum_j E(x_j^2) = 1,$$

$$\sum_j E(|x_j|^3) = \varepsilon < \frac{1}{2},$$

où l'on désigne par $E(\ )$ l'espérance mathématique.

Évaluons

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{ilx} dQ(x) = \prod_j E(e^{ilx_j}) = \prod_j \left\{ 1 - \frac{l^2}{2} E(x_j^2) + \theta_j l^3 E(|x_j|^3) \right.$$

$$(|\theta_j| < 1, \ -1 \leqslant l \leqslant 1).$$

En passant aux logarithmes et en utilisant l'inégalité de Hölder, on parvient au résultat suivant:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{ilx} dQ(x) = e^{-\frac{l^2}{2}} + O(\varepsilon) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{ilx} dP(x) + O(\varepsilon).$$

On en tire:

$$\int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} \cos k\pi \left(\frac{x}{T} - \frac{1}{2}\right) dQ(x) = \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} \cos k\pi \left(\frac{x}{T} - \frac{1}{2}\right) dP(x) + O(\varepsilon) O\left(\frac{1}{T^2}\right)$$

pour $k \leqslant \left[\frac{T}{\pi}\right]$.

En posant maintenant

$$T = \frac{1}{\sqrt{\zeta}}, \quad n = \frac{1}{\zeta \sqrt{\zeta}}$$

dans les formules (14) et (14'), on parvient au résultat suivant:

$$\int_{-\infty}^{x} dQ(x) - \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = O(\varepsilon \log \varepsilon). \tag{15}$$

En introduisant le nombre

$$\eta_\delta = \sum_j E(|x_j|^{2+\delta}) \qquad (0 < \delta \leqslant 1),$$

on peut déduire un résultat un peut plus fort:

$$\int_{-\infty}^{x} dQ(x) - \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = O(\eta_\delta). \tag{16}$$

Ceci démontre le théorème de Liapounoff sur la répartition de la somme $x_1 + x_2 + \ldots$, avec la meilleure approximation possible.

Institut Mathématique
Académie des Sciences Ukranienne.

Manuscrit reçu
le 28. XI. 1936

LITTÉRATURE CITÉE

[1] M. Krawtchouk, C. R., **196**, 739 [2] М. Кравчук, Журнал Інституту математики Академии Наук УССР, № 1 (1935).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

MATHÉMATIQUES

SUR LE PROBLÈME DES COEFFICIENTS POUR LES FONCTIONS BORNÉES

Par J. GERONIMUS

(Présenté par S. N. Bernstein, de l'Académie, le 29. XI. 1936)

M. F. Riesz (1) a démontré que parmi toutes les fonctions

$$F(z) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k z^k,$$

régulières pour $|z| \leqslant 1$ et dont les premiers coefficients $c_0, c_1, \ldots, c_n$ sont donnés, il n'existe qu'une seule fonction $F^x(z)$ rendant minimum l'intégrale

$$\frac{1}{2\pi} \int_{|z|=1} |F(z)|\,|dz|; \tag{1}$$

cette fonction $F^x(z)$ peut être présentée d'une manière unique sous la forme suivante:

$$F^x(z) = q^2(z)\, z^\nu \tau(z)\, \overline{\tau}\left(\frac{1}{z}\right) = c_0 + c_1 z + \ldots + c_n z^n + \ldots, \tag{2}$$

où $q(z)$ est un polynôme de degré $\sigma \leqslant n$, dont toutes les racines sont situées dans le domaine $|z| \geqslant 1$, et $\tau(z)$ est un polynôme de degré $\nu = n - \sigma$.

En tenant compte de ce théorème de F. Riesz, nous allons prouver le théorème suivant:

Théorème. *Pour toutes les fonctions*

$$f(z) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k z^k$$

régulières pour $|z| < 1$ *et y satisfaisant à la condition* $|f(z)| \leqslant 1$, *l'inégalité suivante a lieu:*

$$|\omega(f)| = |c_n a_0 + c_{n-1} a_1 + \ldots + c_0 a_n| \leqslant \frac{1}{2\pi} \int_{|z|=1} |q(z)\tau(z)|^2\, dz|, \tag{3}$$

l'égalité n'ayant lieu que pour la fonction

$$f_x(z) = e^{i\alpha} \frac{z^\sigma\, \overline{q}\left(\frac{1}{z}\right)}{q(z)}\ ^{*}. \tag{4}$$

* On obtient de la formule (2) le nombre σ et le polynôme $q(z)$ en fonction des nombres donnés $c_0, c_1, \ldots, c_n$.

Considérons une fonction $f(z) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k z^k$ regulière pour $|z| < 1$; parmi toutes les fonctions ayant les mêmes premiers coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_n$, soit $f_1(z)$ la fonction, pour laquelle la borne supérieure du module $M(f)$ dans le domaine $|z| < 1$ est minimale; on a, donc, $M(f) \geqslant M(f_1)$ pour $|z| < 1$.

On sait d'après un théorème de Carathéodory et Fejér que $f_1(z)$ est une fonction rationnelle regulière pour $|z| \leqslant 1$, dont le module pour $|z| = 1$ a la valeur constante $M(f_1)$. On a l'inégalité évidente:

$$\frac{|\omega(f)|}{M(f)} \leqslant \frac{|\omega(f_1)|}{M(f_1)}. \tag{5}$$

D'autre part, nous avons

$$\omega(f_1) = \frac{1}{2\pi i} \int_{|z|=1} \frac{F^x(z) f_1(z)}{z^n} \cdot \frac{dz}{z}, \tag{6}$$

d'où résulte l'inégalité cherchée:

$$\frac{|\omega(f)|}{M(f)} \leqslant \frac{|\omega(f_1)|}{M(f_1)} \leqslant \frac{1}{2\pi} \int_{|z|=1} |q(z)\tau(z)|^2 |dz|; \tag{7}$$

pour

$$f(z) = f^x(z) = e^{i\alpha} \frac{z^\sigma \overline{q}\left(\frac{1}{z}\right)}{q(z)}$$

nous avons l'égalité:

$$\frac{|\omega(f^x)|}{M(f^x)} = \frac{1}{2\pi} \int_{|z|=1} |q(z)\tau(z)|^2 |dz|; \tag{8}$$

notre théorème est, donc, démontré.

Supposons que les nombres donnés $c_0, c_1, \ldots, c_n$ sont tels qu'on peut satisfaire à (2) en posant $\nu = 0$; alors on a:

$$q^2(z) = c_0 + c_1 z + \ldots + c_n z^n + \ldots, \tag{9}$$

et nous retrouvons l'inégalité de O. Szász [2]

$$|c_n a_0 + c_{n-1} a_1 + \ldots + c_0 a_n| \leqslant \frac{1}{2\pi} \int_{|z|=1} |q(z)|^2 |dz|, \tag{10}$$

l'égalité n'ayant lieu que si $q(z)$ ne s'annule pas pour $|z| < 1$.

Supposons maintenant que les nombres donnés c_0, c_1, c_n, sont tels qu'on peut satisfaire à (2) en posant $\nu = n$; on a dans ce cas:

$$\tau(z)\overline{\tau}\left(\frac{1}{z}\right) = \frac{c_0 + c_1 z + \ldots + c_n z^n + \ldots}{z^n} e^{i\gamma}; \tag{11}$$

en posant $z = e^{i\theta}$ nous devons avoir dans le second membre un polynôme trigonométrique non-négatif, d'ou résulte la condition:

$$\frac{1}{2} + R \sum_{r=0}^{n-1} \frac{c_{n-r}}{c_n} e^{-ir\theta} \geqslant 0, \qquad 0 \leqslant \theta \leqslant 2\pi; \tag{12}$$

on a d'après (3):

$$|c_n a_0 + c_{n-1} a_1 + \ldots + c_0 a_n| \leqslant |c_n|. \tag{13}$$

Nous retrouvons l'inégalité de J. Schur et G. Szegö [3] qui n'est valable que sous la condition (12).

Institut de mathématiques et mécanique
de l'Université de Kharkoff

Manuscrit reçu
le 29. XI. 1936.

LITTÉRATURE CITÉE

[1] F. Riesz, Acta Mathematica, 42, 145—171 (1920). [2] O. Szász, Math. Ztschr. 1, 163—183 (1918). [3] J. Schur u. G. Szegö, Sitzungsber. der Preuss. Akad. der Wis., 545—560 (1925).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

MATHEMATIK

ÜBER DIE AUTOMORPHISMENGRUPPE EINER UNBESTIMMTEN QUADRATISCHEN FORM

Von B. A. WENKOV

(Vorgelegt von I. M. Vinogradow, Mitglied der Akademie, d. 10. XII. 1936)

1. Diese Notiz ist eine Zusammenfassung der Ergebnisse meiner Arbeit über unbestimmte quadratische Formen. Das Ziel der Arbeit ist die Bestimmung des Fundamentalbereiches der Gruppe G der ganzzahligen Substitutionen (Automorphismen), welche eine gegebene unbestimmte quadratische Form $f(x_1, \ldots, x_n)$ in sich überführen, wenn ihre Zerlegung die Form:

$$\varepsilon f(x_i) = -y_1^2 - y_2^2 - \ldots - y_{n-1}^2 + y_n^2 \qquad (1)$$

hat; hier ist $\varepsilon = \pm 1$, die y_i bedeuten reelle Linearformen in den x_i. Für eine andere Zerlegung von f in eine Summe von Quadraten hat die Gruppe G keinen Fundamentalbereich. Die Methode ist eine Verallgemeinerung des Kleinschen Polygons (1).

Bezeichnungen: $f(x_i) = \sum_1^n a_{\alpha\beta} x_\alpha x_\beta$ $(a_{\alpha\beta} = a_{\beta\alpha})$; für zwei Punkte A und B mit den Koordinaten (x_i) und (y_i) $f(A, B) = f(x_i, y_i) = \sum_1^n a_{\alpha\beta} x_\alpha y_\beta$.

K ist der Kegel $f = 0$. Die Punkte, für die $\varepsilon f(x_i) > 0$ oder $\varepsilon f(x_i) < 0$ ist, sind die inneren oder die äusseren Punkte des Kegels K. Die Determinante der Form f ist $d \neq 0$, die adjungierte Form ist $F(x_i)$. Ist $\varepsilon' = \operatorname{sgn}(\varepsilon d)$, so hat $\varepsilon' F(x_i)$ eine Zerlegung in Quadrate derselben Art, wie (1), so dass $\varepsilon' F(x_i) > 0$ das Innere des adjungierten Kegels ist. Die Ebene $\varphi = p_1 x_1 + \ldots + p_n x_n = k$ bezeichnen wir als eine Ebene der elliptischen, parabolischen oder hyperbolischen Richtung für den Kegel K, für $\varepsilon' F(p_i) > 0$, $= 0$ oder < 0 entsprechend. Es sei $\varphi = 0$ eine Ebene von elliptischer Richtung; die Menge der Punkte innerhalb K und auf der Grenze von K, für die φ sein Vorzeichen beibehält, nennen wir eine Schale des Kegels K. Von den zwei Schalen von K wählen wir eine aus und bezeichnen sie durch K'; es sei $\mathfrak{M}$ die Punktmenge mit ganzzahligen Koordinaten, die innerhalb K' liegen. Indem wir voraussetzen, dass die Punkte $\mathfrak{M}$ fest sind und der Kegel K aus irgendeinem Gewebe verfertigt ist, wollen wir ihn über die Punkte $\mathfrak{M}$ ziehen; dann bildet dieses Gewebe ein Polye-

der—das Umrisspolyeder (UP). Eine strenge Definition dieses Polyeders ist in meiner Arbeit gegeben und gründet sich auf zwei Definitionen der Spitzen und Seitenflächen (s. die folgenden Paragraphen).

2. Einen Punkt (l_i) aus $\mathfrak{M}$ nennen wir eine Spitze von UP, wenn es eine Ebene $\varphi = 1$ der elliptischen Richtung gibt, so dass $\varphi \geqslant 1$ für alle Punkte von $\mathfrak{M}$, wobei das Gleichheitszeichen nur für (l_i) stattfindet. Für den Wert der Spitze f erhält man mit Hilfe des Satzes über konvexe Körper die Ungleichung:

$$|f(l_i)| \leqslant \sqrt[n]{\frac{2^{2n-2} n^2 \Gamma^2\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\pi^{n-1}}} \cdot |d| . \qquad (2)$$

3. Eine Ebene ist die Seitenfläche von UP, wenn sie durch eine endliche oder unendliche Z hl von $\mathfrak{M}$-Punkten geht, welche die Lage dieser Ebene vollständig bestimmen; alle andren $\mathfrak{M}$-Punkte liegen zu einer Seite von dieser Ebene. Die Seitenfläche ist entweder eine Ebene der elliptischen Richtung (trennt von K' immer einen endlichen Teil ab) oder der parabolischen. Es wird bewiesen, dass durch jede Spitze eine endliche Anzahl von Seitenflächen geht, die die Lage dieser Spitze vollständig bestimmen. Es sei m eine vorgegebene Spitze; alle Kanten des Polyeders UP, die aus m ausgehen (ihre Anzahl ist endlich), können durch andere Spitzen $\overline{m}_1$, $\overline{m}_2$, ... charakterisiert werden, die auf den Endpunkten dieser Kanten liegen. Diese Spitzen $\overline{m}_k$ nennen wir die zu m benachbarten Spitzen.

4. Es sei m_1, m_2, ... alle Spitzen von UP und m der eine von ihnen. Wir definieren den Bereich $V(m)$ durch die unendliche Zahl von Ungleichungen:

$$\varepsilon f(x, m) \leqslant \varepsilon f(x, m_k), \qquad k = 1, 2, 3, \ldots \qquad (3)$$

Es wird bewiesen, dass die Ungleichungen (3) einer endlichen Anzahl von Ungleichungen äquivalent sind, in denen $m_k = \overline{m}_k$ die zu m benachbarten Spitzen sind. Es sei also $V(m)$ eine Pyramide mit einer endlichen Anzahl von Flächen, die ganz innerhalb K' liegt. Die Pyramiden $V(m_1)$, $V(m_2)$, ... füllen die ganze Schale K' regulär aus. Wir nennen zwei Spitzen m_k und m_l äquivalent, wenn ihre Koordinaten durch eine Substitution der Gruppe G verbunden sind.

Im Falle wenn f ganzzahlig ist, folgt aus (2), dass nur eine endliche Anzahl nichtäquivalenter Spitzen m_1, ... , m_k existiert. Hier ermöglichen die Pyramiden $V(m_1)$, ... , $V(m_k)$ den gesuchten Fundamentalbereich der Gruppe G aufzubauen.

Forschungsinstitut für Mathematik und Mechanik,
Staatsuniversität, Leningrad.

Eingegangen
d. 10. XII. 1936.

ZITIERTE LITERATUR

[1] F. Klein, Ausgewählte Kapitel der Zahlentheorie, I, Göttingen (1896), S. 103.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

PHYSIK

SICHTBARES LEUCHTEN DER REINEN FLÜSSIGKEITEN UNTER DER EINWIRKUNG VON HARTEN β-STRAHLEN

Von P. A. ČERENKOV (TSCHERENKOV)

(Vorgelegt von S. I. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 28. XII. 1936)

Es ist bekannt (1), dass in den reinen Flüssigkeiten unter Einwirkung der γ-Strahlen ein sichtbares Leuchten entsteht, welches zweifellos von der Lumineszenz im gebräuchlichen Sinne des Wortes verschieden ist und eine Reihe von Eigentümlichkeiten, wie scharfe Anisotropie, ungewöhnliche Polarisation und andere besitzt. Die Versuche mit dem Magnetfeld (2) haben die früher angenommene Hypothese (3) bestätigt, dass nicht die primären γ-Quanten sondern die durch dieselben im absorbierenden Medium erzeugten schnellen Comptonelektronen als Urheber dieses Leuchtens zu betrachten sind. Im Zusammenhang damit wäre es von Interesse das Leuchten der Flüssigkeiten unmittelbar durch die Einwirkung der schnellen Elektronen hervorzurufen, da die Anwendung der Elektronen in mehreren Fällen, z. B., wenn vollständige Absorption und geringere Divergenz des erregenden Bündels erwünscht sind, den Vorzug besitzt. Durch vollständige Absorption der Elektronen in verhältnismässig dünnen Schichten der Flüssigkeit wird die Intensität des Leuchtens in bedeutendem Masse erhöht. Ausserdem besteht bei der Benutzung der Elektronen die Möglichkeit, mit verhältnismässig monochromatischem primärem Bündel zu experimentieren.

In der vorliegenden Arbeit wurden die β-Strahlen als schnelle Elektronen angewandt. Als Quelle derselben diente ein Radiumpräparat von 20 mg, zu dem in einzelnen Versuchen Ampullen mit Radiumemanation hinzugefügt wurden. Die Dicke der Glaswandungen der Ampullen sowie der Röhrchen mit Radiumemanation betrug ca. 80—100 μ. Die Flüssigkeitsgefässe waren an der Eintrittsseite der β-Strahlen mit Fensterchen aus 20—25μ-dicken Glimmerplättchen versehen. Zur Beseitigung des Leuchtens der Quelle selbst wurden zwischen derselben und dem Flüssigkeitsgefäss 5 μ-dicke für das sichtbare Licht undurchdringliche Aluminiumfolien angebracht. Die Gesamtdicke der Einpackung der β-Quelle, der Gefässwandungen und der Folie betrug 0.035 g/cm², d. h. war hinreichend klein, um die verhältnismässig langsamen Elektronen durchgehen zu lassen und nur die allerlangsamsten zurückzuhalten. Die Dicke der Flüssigkeitsschicht in der Richtung des β-Strahlenbündels betrug 1 cm. Dies war praktisch genügend für die totale Absorption aller β-Teilchen, die in die Flüssigkeit gerieten. Eine weitere Vergrösserung der Dicke der Flüssigkeitsschicht wäre unerwünscht, weil dadurch das Wachsen des Leuchtens

unter Einwirkung der γ-Strahlen, die ebenfalls von der angewandten Quelle der β-Teilchen ausgehen, entstehen würde. Der durch die β-Strahlen hervorgerufene Hintergrund bleibt in den verhältnismässig dünnen Schichen der Flüssigkeit infolge der unbedeutenden Absorption dieser Strahlen verschwindend klein.

Wie es zu erwarten war, zeigten die Versuche, dass in allen untersuchten Flüssigkeiten die β-Strahlen in der Tat ein sichtbares Leuchten hervorgerufen hatten. Die Leuchtintensität übertrifft bedeutend diejenige, die bei der Einwirkung der γ-Strahlen auf die Flüssigkeit beobachtet wird. Auf Grund einer sehr groben Schätzung dürfte man schliessen, dass für ein und dieselbe Flüssigkeit, unabhängig von dem Charakter der absorbierten Energie (γ- oder β-Strahlen), eine Proportionalität zwischen der beobachteten (in der bestimmten Richtung) Leuchtintensität und der Grösse der absorbierten Energie besteht.

Durch weitere Untersuchungen dieses Leuchtens wurde Folgendes festgestellt:

a) Es wird nicht ausgelöscht durch die Auflösung in der Flüssigkeit der aktiven Fluoreszenzlöscher (dies wurde durch die Versuche mit Auflösung von Jodkali in Wasser bestätigt).

b) Eine scharf ausgesprochene Asymmetrie wird beobachtet in der Verteilung der Intensität des Leuchtens unter verschiedenen Winkeln zur Richtung des primären Bündels der β-Strahlen. In den Versuchsbedingungen, wo das Bündel der β-Strahlen in einem Winkel von 20° divergierte, richtete sich der Hauptteil des aus der Flüssigkeit herausgehenden Lichtstroms nach der Elektronenbewegung innerhalb des Kegels mit dem Öffnungswinkel von ca. 90°. Die Achse dieses Kegels fällt mit der Bewegungsrichtung der β-Teilchen zusammen. Keine Strahlung wurde beobachtet in der zu der Bewegung der Elektronen entgegengesetzten Richtung.

c) Das Leuchten ist polarisiert. Die Polarisation hat denselben Charakter wie im Falle des durch γ-Strahlen erzeugten Leuchtens, d. h. die Hauptrichtung der Schwankungen des elektrischen Vektors fällt zusammen mit der Richtung der Elektronenbewegung.

Diese Versuche wurden in Bedingungen durchgeführt, wo das Strahlenbündel unter dem Winkel von 45° auf eine dünne Glimmerwand (20—25 μ) des Flüssigkeitsgefässes fiel, während die Messungen der Polarisation des Leuchtens in der Richtung unter dem Winkel von 60° zu der Achse des primären Bündels durchgeführt wurden.

Die Beobachtung der Polarisation unter dem Winkel von 90° zu diesem Bündel ergab sich als unmöglich infolge des durchaus schwachen Leuchtens in dieser Richtung. Trotzdem zeigten die Präliminarbeobachtungen, dass der Polarisationsgrad sogar unter solchen unvollkommenen Versuchsbedingungen ziemlich hoch ist (ca. 50%).

Das Angeführte erlaubt zu schliessen, dass das durch die β-Strahlen erzeugte Leuchten der reinen Flüssigkeiten zweifellos mit demjenigen identisch ist, welches bei der Einwirkung der γ-Strahlen auf die Flüssigkeit entsteht.

Wir haben in einer früher veröffentlichten Mitteilung (1) die Unabhängigkeit (Beständigkeit) der Intensität des von γ-Strahlen erzeugten Leuchtens von den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Flüssigkeiten beschrieben. Diese Beständigkeit der Intensität wurde später an einer grossen Anzahl von Flüssigkeiten mit Hilfe der photometrischen Vergleichungsfeldermethode geprüft*. Nach diesen genaueren Versuchen gehen die Abweichungen der

* Eine Beschreibung dieser Versuche wird an anderer Stelle veröffentlicht werden.

gesamten Leuchtintensität der einzelnen Flüssigkeiten von dem Mittelwert für alle Flüssigkeiten nicht über 10—12%, was beinahe in Grenzen der Beobachtungsfehler liegt.

Da die Schwächung des Bündels der γ-Strahlen in erster Annäherung (beim Gleichbleiben anderer Verhältnisse) proportional der Flüssigkeitsdichte angenommen werden kann, so gestatten die soeben dargelegten Ergebnisse zu schliessen, dass bei der Erregung des Leuchtens durch schnelle Elektronen, unter Bedingung der totalen Absorption derselben (was experimentell leicht zu verwirklichen ist), die Intensität des beobachteten Leuchtens der Formel

$$\frac{1}{I} = kd \qquad (1)$$

entsprechen muss, wo d—Dichte der Flüssigkeit und k—Proportionalitätskoeffizient ist. Dies bedeutet, dass für eine gegebene Flüssigkeit die Leuchtintensität dem Elektronenweg proportional ist, weil dieser Weg selbst, bekanntlich, der Dichte des Mediums umgekehrt proportional ist.

Diese Schlussfolgerungen wurden versuchsmässig bestätigt. An den Boden der zylindrischen, 1 cm hohen Gefässe wurden Glimmerfensterchen angeklebt. Dicht an eines derselben stellte man die in Aluminiumfolien eingepackte Quelle der β-Teilchen, bestehend aus einem Röhrchen mit

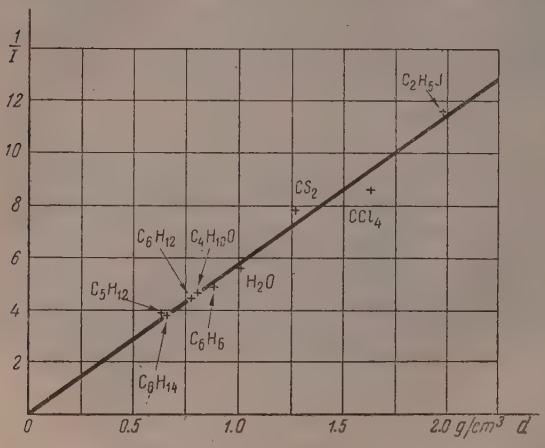
Tabelle

Flüssigkeit	Chemische Formel d. Molekel	Dichte (d)	Brechungsindex (für $\lambda = 4861.5$ Å) n	Gemessene Leuchtintensität (I)	$\frac{1}{n^2}\left(1-\frac{1}{\beta^2 n^2}\right)$			
					$\beta = 1$	$\beta = 0.949$	$\beta = 0.9$	$\beta = 0.8$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Äthyljobid	C_2H_5J	1.967	1.5343	8.75	0.244	0.224	0.202	0.143
Kohlenstofftetrachlorid	CCl_4	1.61	1.4726	11.7	0.248	0.225	0.198	0.128
Schwefelkohlenstoff	CS_2	1.266	1.65439	12.9	0.232	0.218	0.201	0.157
Wasser	H_2O	1.00	1.3371	18.3	0.246	0.213	0.173	0.071
Benzol	C_6H_6	0.879	1.51327	21.0	0.246	0.225	0.201	0.138
Amylalkohol	$C_5H_{12}O$	0.814	1.41452	20.6	0.250	0.222	0.192	0.110
Isobutylalkohol	$C_4H_{10}O$	0.805	1.4016	22.4	0.250	0.221	0.189	0.104
Isopropylalkohol	C_3H_8O	0.789	1.38210	21.5	0.250	0.220	0.185	0.095
Cyclohexan	C_6H_{12}	0.787	1.43668	23.0	0.250	0.224	0.194	0.118
Hexan	C_6H_{14}	0.660	1.37988	25.3	0.249	0.219	0.185	0.094
Pentan	C_5H_{12}	0.625	1.3610	25.3	0.248	0.217	0.182	0.085

20 mg Radium und einigen Kapillaren mit Radon. Nach der γ-Strahlung geschätzt war die totale Menge des letzteren 64 mg Radium äquivalent. Das Photometrieren des Leuchtens geschah durch das zweite Fensterchen mittels eines Photometers mit Lummer-Brodhun'schen Würfel. Die Achse des zylindrischen Flüssigkeitsgefässes nahm in diesen Versuchen eine horizontale Lage ein. Der Hintergrund, der durch das Leuchten des Glimmerfensterchens an der Seite des Elektroneneingangs und durch das Leuchten der Flüssigkeit unter Einwirkung der γ-Strahlen entstanden war, wurde durch eine, für alle Flüssigkeiten geltende Korrektion berücksichtigt. Diese kleine Korrektion wurde experimentell bestimmt; sie ist gleich der Summe zweier Glieder:

1) der halben Leuchtintensität eines leeren Gefässes bei seiner Bestrahlung mit β-Teilchen und 2) der Leuchtintensität irgendeiner Flüssigkeit erzeugt durch Einwirkung von γ-Strahlen derselben, aber mit 2 mm Blei geschützten Quelle.

Die Daten der Versuchsergebnisse sind weiter oben in der Tabelle (Spalte 5) angeführt. In der Figur sind diese Ergebnisse graphisch veranschaulicht.



Auf der Abscissenachse sind die Dichten aufgetragen und auf der Ordinatenachse die Werte von $\frac{1}{I}$. Alle Experimentalpunkte lassen* sich gut auf eine Gerade auftragen, was als Beweis der Richtigkeit der Beziehung (1) zu betrachten ist.

Die im vorliegenden Heft veröffentlichte Arbeit von Ig. Tamm und I. Frank, wo eine allgemeine Theorie der Erscheinung für die auf einen Elektron berechnete Strahlung W gegeben wird, führt die Formel an

$$W = Al\left(1 - \frac{1}{n^2\beta^2}\right)\int \frac{d\omega}{\lambda}, \qquad (2)$$

wo A eine Konstante und ω—die Kreisfrequenz ist.

Der Brechungsindex n wird angenähert unabhängig von der Wellenlänge betrachtet.

Wie aus dieser Formel zu ersehen ist, hängt die Leuchtintensität der Flüssigkeiten nicht nur von dem Elektronenweg l, sondern auch in bedeutendem Masse von dem Brechungsindex n ab. Jedoch ist diese Abhängigkeit in den angeführten Versuchen infolge des Intensitätssprunges beim Austritt des Lichtes aus der Flüssigkeit ([5]) nicht zu bemerken. Dies ist die Folge davon, dass das Produkt des Faktors $\frac{1}{n^2}$—Intensitätsänderung durch den Sprung— und des Ausdruckes $\left(1 - \frac{1}{\beta^2 n^2}\right)$ im Falle der grossen β praktisch von n unabhängig ist (Spalten 6, 7 u. 8 der Tabelle). Rechnet man noch die Reflexionsverluste der mit der Flüssigkeit in Berührung kommenden Glimmeroberfläche, so muss in die Formel (2) neben $\frac{1}{n^2}$ noch der Faktor $\left[1 - \left(\frac{n_1 - n}{n_1 + n}\right)^2\right]$ zugesetzt werden, wo n_1 Brechungsindex des Glimmers ist. Dieser Faktor weicht wenig von eins ab, so dass die durch ihn bedingte Korrektion im ungünstigsten Fall 0.5% des erhaltenen Wertes nicht übersteigt.

Man ersieht aus der Tabelle (Spalte 9), dass schon bei $\beta = 0.8$ der Ausdruck $\frac{1}{n^2}\left(1 - \frac{1}{\beta^2 n^2}\right)$ in bedeutendem Masse von n abhängt. Dies weist darauf hin, dass das Leuchten in den Flüssigkeiten hauptsächlich durch Elektronen mit

* Amyl- und Isopropylalkoholpunkte sind der Deutlichkeit wegen nicht eingetragen.

$\beta > 0.8$ erzeugt wird. Im Einklang damit stehen die Ergebnisse unserer anderen (nicht veröffentlichten) Versuche über die Abhängigkeit der Leuchtintensität der Flüssigkeiten von der Dicke des zwischen der Flüssigkeit und der Quelle der γ-Strahlen (Radium) angebrachten Bleischirm. Es wurde durch diese Versuche festgestellt, dass die von der Dicke des Filters abhängige Intensitätsänderung der Intensitätsänderung harter Komponente ([6]) der γ-Strahlung des Radiums und seiner Zerfallprodukte entspricht.

Zum Schluss möchte ich dem Akademiker S. I. Wawilow und Dr. I. M. Frank meinen innigsten Dank aussprechen für die Aufmerksamkeit, die sie meiner Arbeit geschenkt haben.

Lebedewsches Physikalisches Institut
der Akademie der Wissenschaften d. UdSSR.

Eingegangen
d. 28. XII. 1936.

ZITIERTE LITERATUR

[1] P. A. Čerenkov, C. R. Acad. Sci, URSS. II, № 8, 451 (1934). [2] P. A. Čerenkov, C. R. Acad. Sci. URSS, III (XII), № 9, 414 (1936). [3] S. I. Wawilow. C. R. Acad. Sci URSS, II, № 8, 457 (1934). [4] Handb. d. Physik, Bd. XXII/2, S. 37 (1933). [5] М. Планк, Введение в теорет. физику, т. V, § 103 (1935). [6] Handb. d. Exper. Phys., Bd. 15, S. 64 (1928).

WINKELVERTEILUNG DER INTENSITÄT DES LEUCHTENS, DAS DURCH γ-STRAHLEN IN REINEN FLÜSSIGKEITEN HERVORGERUFEN WIRD

Von P. A. ČERENKOV (TSCHERENKOV)

(Vorgelegt von S. I. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 2. I. 1937)

Wie durch unsere vorangehenden Versuche festgestellt([1]), besteht ein ausgesprochener Zusammenhang zwischen der Intensität des unter Einwirkung der γ-Strahlen hervorgerufenen Leuchtens reiner Flüssigkeiten und dem Winkel φ (von der Achse des primären Bündels gerechnet), unter welchem dieses Leuchten beobachtet wird. Ungeachtet der starken Divergenz des γ-Strahlenbündels in diesen Versuchen, ergab sich die in der Richtung des primären Bündels gemessene Strahlungsintensität als mehrfach grösser im Vergleich mit der Strahlungsintensität in der entgegengesetzten Richtung. Dieselbe Erscheinung wurde beobachtet, wenn das Leuchten der Flüssigkeiten durch β-Strahlen statt γ-Strahlen hervorgerufen wurde ([2]). Die Versuche, über die in der vorliegenden Mitteilung berichtet wird, hatten zur Aufgabe den Charakter der Leuchtintensitätsänderung in Abhängigkeit von der Beobachtungswinkel φ genauer zu studieren.

Soweit die Natur der zu untersuchenden Erscheinung ein und dieselbe ist (die Ausstrahlung wird von den schnellen Elektronen, die sich im Medium bewegen hervorgerufen), besteht kein prinzipieller Unterschied zwischen der Anwendung für die Erregung des Leuchtens der γ-oder der β-Strahlen. Jedoch bietet die Ausnutzung der β-Strahlen in experimenteller Beziehung eine gewisse Unbequemlichkeit infolge der allzukleinen Laufstrecke dieser Partikel innerhalb der Flüssigkeit. Dies macht die Dicke der leuchtenden Flüssigkeitsschicht in der Richtung des Elektronenbündels allzuklein und bewirkt eine starke Änderung der Versuchsbedingungen beim Wechsel der Beobachtungsrichtungen.

Durch eine Erregung des Leuchtens mittels γ-Strahlen wird dieser Nachteil beseitigt, da sich das Leuchten infolge der unbedeutenden Absorption der Strahlen über den ganzen Umfang der Flüssigkeit verbbreitet. Der Nachteil, dass man bei der Arbeit mit γ-Strahlen sogar im Falle der Parallelität des primären Bündels mit einem Kegel der Comptonelektronen zu tun hat, wird in bedeutendem Masse durch die Tatsache kompensiert, dass die allerschnellsten Ruckstosselektronen, durch die hauptsächlich die Erscheinung hervorgerufen wird, in den Richtungen nahe der Richtung des primären Bündels geschleudert werden. In der vorliegenden Arbeit wurden deshalb für die Erregung des Leuchtens der Flüssigkeiten γ-Strahlen angewandt.

Auf Fig. 1 ist das Schema der Anordnung gegeben. Hier ist A ein zylindrisches Glasgefäss für die Flüssigkeit mit sehr dünnen (0.1—0.15 mm) Wandungen, wie sie notwendig sind um ihr eigenes Leuchten auf das Minimum herabzusetzen. Oben war das Gefäss mit einem undurchsichtigen Deckel versehen. Die γ-Strahlenquelle (Radiumemanation) befand sich in einem zylindrischen im Bleiguss B durchgebohrtem Kanal, dessen Öffnung zum Aufhalten der β-Teilchen durch eine 2 mm dicke Bleiplatte C geschützt worden war. Die Intensität der γ-Quelle schwankte in einzelnen Beobachtungsserien von 200 bis 350 mCu. Bei der Bearbeitung wurden alle Versuchsergebnisse auf ein und dieselbe Intensität reduziert. Die γ-Strahlenquelle zusammen mit dem Guss konnte sich um die Achse des Gefässes ab in der zur Abbildung senkrecht liegenden Ebene drehen. Das aus der Flüssigkeit durch die Gefässwandung in der Richtung des Pfeiles herausgehende Licht fiel auf den Spiegel S, der unter dem Winkel von 45° zur Gefässachse geneigt war. Nach der Reflexion traf der Strahl das Diaphragma D (d =4 mm) des Auslöschungsphotometers (3), wo er durch den Keil K bis auf die visuelle Reizschwelle gelöscht wurde. Die Lage des Diaphragmas war so gewählt, dass es sich im Brennpunkte jener zylindrischen Linse befand, welche durch die Flüssigkeit im Gefässe für die von innen herauskommenden Strahlen gebildet wird. Infolgedessen liess das Diaphragma hauptsächlich die Strahlen durch, welche innerhalb der Flüssigkeit ein und dieselbe Richtung besassen. Auf diese Weise bietete die durch das Schema gegebene Anordnung der γ-Quelle, des Gefässes und des Spiegelchens die Möglichkeit, das in der Richtung der γ-Strahlen strömende Licht (Null-Richtung) durch das Diaphragma D zu beobachten. Das Drehen der γ-Strahlenquelle um die Achse ab änderte die Einfallsrichtung des primären Bündels und damit den Winkel φ zwischen diesem Bündel und der Richtung, in welcher das Leuchten beobachtet wurde. Die Beobachtungen wurden im Intervalle von $\varphi=0°$ bis zu $\varphi=90°$ gemacht. Die Messungen innerhalb der Winkel $>90°$ erwiesen sich infolge der Geringfügigkeit des Leuchtens als unmöglich.

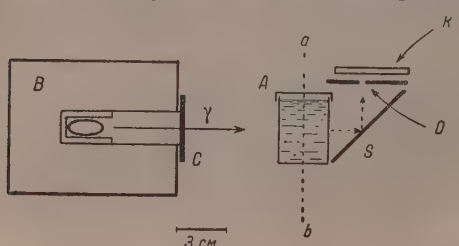


Fig. 1

In der Tabelle 1, wo I die relative Intensität bezeichnet, sind die Mittelwerte (8 Beobachtungsserien) der Intensitätswinkelverteilung für das Leuchten des Wassers gegeben. Jede Serie von Beobachtungen wurde an verschiedenen Tagen vorgenommen.

Die Abweichung von den angeführten Werten infolge der Beobachtungsfehler kann $\pm 12\%$ erreichen.

Tabelle 1

φ	0°	15°	30°	37.5°	45°	60°	75°	90°
I	63	68	73	53	31	12.5	6.0	3.4

Die Tabelle zeigt, dass die Strahlung im Wasser in der Richtung $\varphi=90$ um 21.5 mal weniger intensiv ist als die Strahlung unter dem Winkel 30° wo sie ihr Maximum erreicht. Auf Fig. 2 ist der Gang der Leuchtintensitätsänderung nach den Daten der Tabelle graphisch dargestellt. Der punktierte Teil der Kurve stellt ziemlich annähernd die Leuchtintensität innerhalb der Winkel 90°—180° dar, da sie hier kaum wahrnehmbar gewesen ist.

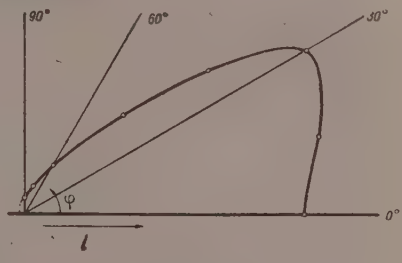


Fig. 2

Da die Strahlungsrichtung des sich im Medium mit der Geschwindigkeit β bewegenden Elektrons der Gleichung

$$\cos\varphi = \frac{1}{\beta n} \qquad (1)$$

entsprechen muss (siehe im vorliegenden Heft die Mitteilung von I. E. Tamm und I. M. Frank), wo n Brechungsindex des Mediums und φ-Winkel zwischen der Richtung der Elektronenbewegung und Strahlung ist, so sollte für das Wasser ($n=1.3371$) bei $\beta=0.9$ das Maximum unter $\varphi=34°$ beobachtet werden (siehe Tabelle 2) gegen $\varphi=30°$ unserer Versuche. Das unter $\varphi=30°$ beobachtete Intensitätsmaximum in Wasser ergibt auf Grund der Bedingung (1) für β den Mittelwert 0.863.

Da in den Versuchen mit γ-Strahlen ein Teil der Energie des primären γ-Quantums dem zerstreuten Quantum übergeben wird und ausserdem die Strahlungsrichtung ein und desselben Elektrons mit Abnahme der Geschwindigkeit des letzteren sich in der Richtung der Verminderung des Winkels φ verändert, kann der erhaltene Wert 0.863 als befriedigend gelten.

Tabelle 2

Abhängigkeit der Strahlungsrichtung des sich in Medium bewegenden Elektrons von seiner Geschwindigkeit und vom Brechungsindex des Mediums

n (λ=4861.5 Å) \ β	1	0.95	0.9	0.85	0.8
1.3371 (Wasser)	41°40′	38°10′	34°0′	28°30′	21°0′
1.51327 (Benzol)	48°40′	46°0′	42°40′	39°0′	34°20′
1.65439 (CS_2)	52°50′	50°30′	47°50′	44°40′	41°0′

Die Bedingung (1) zeigt, dass die Strahlungsrichtung des Elektrons nicht nur von β, sondern auch von dem Brechungsindex des Mediums abhängt. Diese Abhängigkeit muss merkbar sein, wie dies aus der Tabelle 2, wo auf Grund der Formel (1) die Daten für 3 konkrete Medien (H_2O, CS_2 und C_6H_6)

angeführt sind, zu ersehen ist. Die vorläufigen Beobachtungen mit CS_2 und C_6H_6, vollbracht in denselben Umständen wie die Versuche mit Wasser, zeigen qualitativ vollkommene Übereinstimmung mit den auf Grund der Tabelle 2 zu erwartenden Ergebnissen.

Lebedewsches Physikalisches Institut
der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.
Moskau.

Eingegangen
d. 2. I. 1937.

ZITIERTE LITERATUR

[1] Čerenkov, C. R. Acad. Sci URSS, III, 9 (1936). [2] Čerenkov, C. R. Acad. Sci. URSS, XIV, 3 (1937). [3] E. M. Brumberg u. S. I. Wawilow, C. R. Acad. Sci. URSS, III, 6 (1934).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

PHYSICS

COHERENT VISIBLE RADIATION OF FAST ELECTRONS PASSING THROUGH MATTER

By I. FRANK and Ig. TAMM, Corresponding Member of the Academy

In 1934 P. A. Čerenkov has discovered a peculiar phenomenon, whicd he has since investigated in detail (1). All liquids and solids if bombarded by fast electrons, such as β-electrons or Compton electrons produced by γ-rays, do emit a peculiar visible radiation, quite different from the eventual ordinary flourescence. This radiation is partially polarized, the electric oscillation vector being parallel to the electron beam, and its intensity can be reduced neither by temperature nor by addition to the liquid bombarded of quenching substances. The peculiarity of these caracteristics was scrutinized by Wawilow (2) who suggested that this radiation must be connected with the «Bremsung» of fast electrons. Since then a new and undoubtedly the most peculiar characteristic of the phenomenon was discovered, namely, its highly pronounced asymmetry, the intensity of light emitted in the direction of the motion of electrons being many times larger than in the backward direction. It follows that the substance bombarded radiates coherently for the space of at least one wavelength of the visible light.

This peculiar radiation can evidently not be explained by any common mechanism such as the interaction of the fast electron with individual atom or as radiative scattering of electrons on atomic nuclei* On the other hand, the phenomenon can be explained both qualitatively and quantitatively if one takes in account the fact that an electron moving in a medium does radiate light even if it is moving uniformly provided that its velocity is greater than the velocity of light in the medium.

We shall consider an electron moving with constant velocity v along the z axis through a medium characterized by its index of refraction n. The field of the electron may be considered as the result of superposition of spherical waves of retarded potential, which are being continually emitted by the moving electron and are propagated with the velocity $\frac{c}{n}$. It is easy to see that all these consecutive waves emitted

* The intensity of visible light emitted by the last named process is about 10^4 times smaller than the intensity observed.

will be in phase along the direction making the angle θ with the axis of motion z, if only v, n and θ do satisfy the condition

$$\frac{c}{n} = v\cos\theta;\ \cos\theta = \frac{1}{\beta n}. \tag{1}$$

where $\beta = \frac{v}{c}$. Thus, there will be a radiation emitted in the direction θ, whereas the interference of waves will prevent radiation in any other direction. Now the condition (1) can be fulfilled only if $\beta n > 1$, i. e. only in case of fast electrons in a medium, whose index of refraction n for frequencies in question is markedly larger than 1. For instance, if $n = 1.33$ (water, $\lambda = 5900$ Å) the energy of the electron must be not smaller than 260 kV. But if $\beta n > 1$, then even an uniformly moving electron does radiate light in the direction θ *.

We proceed to develop a more detailed theory. Since we are intersted in visible radiation we can treat the medium macroscopically, applying to it the usual equations of the electromagnetic theory of light. Using the dinamical relation between the polarisation $\mathbf{P}$ and the electric intensity $\mathbf{E}$:

$$\frac{\partial^2 \mathbf{P}}{\partial t^2} + \sum_s \omega_s^2 \mathbf{P}_s = \alpha \mathbf{E},$$

where ω_s are frequencies of the molecular oscillators of the medium, and expanding all the field variables in Fourier series:

$$\mathbf{E} = \int_{-\infty}^{+\infty} \mathbf{E}_\omega e^{i\omega t} d\omega,\ \mathbf{P} = \int_{-\infty}^{+\infty} \mathbf{P}_\omega e^{i\omega t} d\omega \ \text{ etc.}, \tag{2}$$

one easily obtains the connexion between $\mathbf{P}_\omega$ and $\mathbf{E}_\omega$:

$$\mathbf{P}_\omega = (n^2 - 1)\,\mathbf{E}_\omega, \tag{3}$$

where n is the refraction index of the medium for the frequency ω.

With the help of (2) and (3) one can easily reduce the Maxwells equations to the following set of equations:

$$\mathbf{H}_\omega = \text{rot}\,\mathbf{A}_\omega,\ \mathbf{E}_\omega = -\text{grad}\,\varphi_\omega - \frac{i\omega}{c}\mathbf{A}_\omega = -\frac{ic}{\omega n^2}\nabla\ \text{div}\ \mathbf{A}_\omega - \frac{i\omega}{c}\mathbf{A}_\omega, \tag{4}$$

$$\nabla^2 \mathbf{A}_\omega + \frac{\omega^2 n^2}{c^2}\mathbf{A}_\omega = -\frac{4\pi}{c} j_\omega, \tag{5}$$

where we made use of the connection between the vector and scalar potentials:

$$\text{div}\,\mathbf{A}_\omega + \frac{i\omega}{c} n^2 \varphi_\omega = 0.$$

If an electron e is moving through the medium along the axis z with a constant velocity v, the corresponding current density j is equal to

$$j_x = j_y = 0,\ j_z = ev\delta(x)\,\delta(y)\,\delta(z - vt),$$

where δ denotes the Dirac's function.

Expanding j_z one gets:

$$i_z(\omega) = \frac{e}{2\pi} e^{-\frac{i\omega z}{v}} \delta(x)\,\delta(y),$$

* X-rays can never be radiated by an uniformly moving electron since for these rays $n \leqslant 1$.

or, introducing cylindrical coordinates ρ,φ,z

$$j_z(\omega) = \frac{e}{4\pi^2\rho} e^{-\frac{i\omega z}{v}} \delta(\rho).$$

Introducing this expression in (5) and putting

$$A_\rho = A_\varphi = 0, \quad A_z(\omega) = u(\rho) \cdot e^{-\frac{i\omega z}{v}}, \tag{6}$$

we obtain

$$\frac{\partial^2 u}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial u}{\partial \rho} + s^2 u = -\frac{e}{\pi c \rho}\delta(\rho), \tag{7}$$

where

$$s^2 = \frac{\omega^2}{v^2}(\beta^2 n^2 - 1) = -\sigma^2. \tag{8}$$

Thus u is a cylinder function satisfying the Bessel equation:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial u}{\partial \rho} + s^2 u = 0, \tag{9}$$

everywhere with the exception of the pole $\rho = 0$. To find the condition to be satisfied by u at $\rho = 0$ we first replace the right hand side of (7) by f:

$$f = -\frac{2e}{\pi c \rho_0^2} \quad \text{if} \quad \rho < \rho_0, \quad f = 0 \quad \text{if} \quad \rho > \rho_0;$$

integrate then this equation over the surface of the circle of radius ρ_0 and lastly go over to the limit $\rho_0 \to 0$. In this way we obtain

$$\lim_{\rho \to 0} \rho \frac{\partial u}{\partial \rho} = -\frac{e}{\pi c}. \tag{10}$$

We have now to distinguish between two different cases. First consider the case of small velocities such that $\beta n < 1$, $s^2 < 0$ and $\sigma^2 = -s^2 > 0$, σ being thus a real quantity. In this case the solution of (9) satisfiying (10) and vanishing at the infinity is

$$u = \frac{ie}{2c} H_0^{(1)}(i\sigma\rho), \tag{11}$$

$H_0^{(1)}$ being the Hankel function of the first kind.

If $\sigma\rho \gg 1$ one can use the asymptotic value of $H_0^{(1)}$ and obtain according to (6) and (11):

$$A_z = \frac{e}{c}\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-\sigma\rho + i\omega\left(t - \frac{z}{v}\right)}}{\sqrt{2\pi\sigma\rho}}\, d\omega, \quad \sigma\rho \gg 1.$$

Thus in case of small velocities the field of the electron decreases exponentially with ρ, so that there is no radiation at all.

If however the velocity of the electron is so large that within a certain frequency range $\beta n = \frac{v}{c} n(\omega)$ is greater than 1, then within this range the parameter s [equation (8)] is real and the general solution of the equations (7) and (9) represents in infinity a cylindrical wave. Requiring u in this case to represent an outgoing and not an ingoing wave, we obtain the following solution of (9), satisfying the condition (10) as well:

$$u = -\frac{ie}{2c} H_0^{(2)}(s\rho) \quad \text{if} \quad \omega > 0, \tag{12}$$

and a complex conjugate expression if $\omega < 0$, s being assumed to be positive. Using the asymptotic value of $H_0^{(2)}$ for $s\rho \gg 1$ one gets from (6) and (12):

$$A_z(\omega) = -\frac{e}{c\sqrt{2\pi s\rho}} e^{i\omega\left(t-\frac{z}{v}\right)-i\left(s\rho-\frac{3\pi}{4}\right)}, \quad \omega > 0.$$

With the help of (8) one can transform the exponent as follows:

$$A_z(\omega) = -\frac{e}{c\sqrt{2\pi s\rho}} e^{i\omega\left(t-\frac{z\cos\theta+\rho\sin\theta}{w}\right)+\frac{3}{4}\pi i}, \quad (\omega > 0) \tag{13}$$

where the angle θ is defined by (1) and $w = \frac{c}{n}$.

Thus, if $\beta n > 1$ a wave is propagated in infinity along the direction θ. The electric vector of the wave lies in the meridian plane (z, ρ).

Calculating the field intensity in the wave zone with the help of (4) one gets

$$\left.\begin{aligned} H_\varphi &= -\frac{a}{\sqrt{\rho}}\int\sqrt{s}\,d\omega\cos\chi, \\ E_\rho &= -\frac{a}{c\sqrt{\rho}}\int\frac{\sqrt{\beta^2n^2-1}}{\beta^2n^2\sqrt{s}}\,\omega d\omega\cos\chi, \\ E_z &= \frac{n}{c\sqrt{\rho}}\int\left(1-\frac{1}{\beta^2n^2}\right)\frac{\omega d\omega}{\sqrt{s}}\cos\chi, \end{aligned}\right\} \tag{14}$$

where $a = \frac{e}{c}\sqrt{\frac{2}{\pi}}$ and $\chi = \omega\left(t - \frac{z\cos\theta+\rho\sin\theta}{w}\right)+\frac{\pi}{4}$; all other components of **E** and **H** vanish. In distinction to (2) the integration in (14) as well as in all following integrals has to be extended only over positive values of ω and has to be restricted to the frequency range defined by $\beta n(\omega) \geqslant 1$.

The total energy W radiated by the electron through the surface of a cylinder of the length l (the axis of the cylinder coinciding with the line of motion of the electron) is equal to

$$W = 2\pi\rho l\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{c}{4\pi}\left[\mathbf{EH}\right]_\rho dt.$$

With the help of the formula:

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\cos(\omega t+\alpha)\cos(\omega' t+\beta)\,dt = \pi\delta(\omega-\omega')$$

we find

$$W = \frac{e^2 l}{c^2}\int_{(\beta n>1)}\omega d\omega\left(1-\frac{1}{\beta^2n^2}\right). \tag{15}$$

We obtain exactly the same result if we calculate the total energy radiated by an electron, which, being initially at rest, has moved with the velocity v through the distance l and was than stopped again. In

this case the validity of (15) is restricted by the condition that l should be large in comparison with the wave length λ of the radiation emitted.

If the velocity of the electron is gradually decreasing, the equation (15) will thus remain valid for such sections l of its path, along which its velocity remains approximately constant, if only these sections are large enough in comparison with λ. Of course, in this case the angle θ between v and the direction of radiation will also gradually decrease.

In order to estimate the total loss of energy by radiation we can substitute in (15) for n^2 its approximate value defined by the equations

$$n^2(\omega) = 1 + \frac{A}{\omega_0^2 - \omega^2}, \quad n^2(0) = \varepsilon = 1 + \frac{A}{\omega_0^2},$$

where ε is the dielectric constant and ω_0 some average molecular frequency of the medium, and then integrate (15) from $\omega = 0$ to $\omega = \omega_0$.

In this way we obtain the following approximate expression for the loss of energy by radiation per unit path of the fast electron ($\beta \sim 1$):

$$\frac{dW}{dl} = \frac{e^2\omega_0^2}{2c^2}(\varepsilon - 1)\ln\frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}. \tag{16}$$

Assuming $\omega_0 = 6 \cdot 10^{15}$ sec.$^{-1}$, one finds $\frac{dW}{dl}$ to be of the order of several kilovolts per centimeter, a quantity negligible in comparison to the losses of energy by other causes.

When we have already finished our calculations, prof. A. Joffe kindly drew our attention to a paper of Sommerfeld ([4]) who had calculated the force acting on an electron moving in vacuum with a constant velocity $v > c$. This force is also due to radiation losses of the kind considered, but since the establishment of the theory of relativity we know that the condition $v > c$ can never be realized.

One easily deduces from the equation (15) that the number of photons emitted by an electron within the spectral region confined by the wave lengths λ_1 and λ_2 is equal to

$$N = 2\pi\alpha\left(\frac{l}{\lambda_2} - \frac{l}{\lambda_1}\right)\left(1 - \frac{1}{\beta^2 n^2}\right), \tag{17}$$

α being the fine structure constant, $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$; and n, the average value of the refraction index in that region. Assuming $n = 1.33$, $\beta^2 = \frac{3}{4}$ (electron energy 500 kV) and $l = 0.1$ cm, we find that in the visible region between $\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-5}$ cm and $\lambda_2 = 6 \cdot 10^{-5}$ cm about 10 photons are emitted by one fast electron. This agrees in order of magnitude with the experimental estimates (unpublished) of Čerenkov.

Čerenkov's measurement confirmed also the direct proportionality of the radiation intensity with the range l of the electrons in different mediums. The dependence of the intensity of radiation on the refraction index n is also discussed by him in detail in an article of the present fascicule; his conclusions are favourable to the theory.

If one takes in account, that Čerenkov's measurements were mostly made on widely diverging bundles of Compton electrons, produced by γ-rays and characterized by a very broad velocity distribution, one can safely say, that so far all the experimental evidence on the phenomenon

in question, including the polarization and the spatial asymmetry of the radiation as well as its absolute intensity, is in best possible agreement with the theory here developed.

Physical Institute of the Academy
of Sciences of the USSR Moscow.

Received
2. I. 1937

REFERENCES

[1] P. A. Čerenkov, C. R. Acad. Sci URSS. II, № 8, 451 (1934). [2] S. I. Wawilow, C. R. Acad. Sci URSS, II, № 8, 457 (1934). [3] P. A. Čerenkow, C. R. Acad. Sci. URSS, III, № 9, 414 (1936). [4] A. Sommerfeld, Götting. Nachrich., 99, 363 (1904); 201 (1905).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

CHEMISTRY

ON COLOUR REACTIONS OF RARE EARTHS WITH ALKALOIDS III (1)

By F. M. ŠEMIAKIN

(Communicated by N. S. Kurnakov, Member of the Academy, 19. XI. 1936)

Cerium(4) and cerium(3) react with morphine hydrochloride in an ammonia medium, forming a precipitate of a chocolate colour (13 pn, II—III according to Wi. Ostwald's scale).

The precipitate of cerium(4) is of a dark chocolate colour (13 pn, II—III and 61 g, II—III according to Wi. Ostwald's scale).

That of cerium(3) is of a light chocolate colour (5 lg, IV, according to Wi. Ostwald's scale).

Lanthanum (3) and thorium (4) do not show any colour effect when acted upon by morphine hydrochloride under the same conditions. Similarly, in an acid and neutral medium, cerium, lanthanum and thorium do not show any colour effect under the action of morphine.

Thus, the reaction is peculiar to cerium, cerium (4) showing a particularly intense colouring.

The same reaction may be used also for detecting morphine.

The raction with cerium may be conducted in different ways:

1. The Reaction of Precipitation in a Test-Tube

a) A solution of a cerium (4) or cerium (3) salt, e. g. cerium (4) sulphate or cerium (3) nitrate, is poured over a few grains of morphine hydrochloride, an ammonia solution being subsequently added. Chocolate-coloured pricipitate separate.

b) A 1.0—0.1% solution of morphine hydrochloride is mixed with a 0.01—0.00001 m solution of cerium (4) sulphate or cerium (3) nitrate, a 25% solution of ammonia being added dropwise to the mixture. The resulting precipitate is of a chocolate colour.

2. The Brown Ring Reaction

An layer of ammonia solution is carefully added to a mixture of solutions of morphine and cerium salts in a tall narrow test-tube (of 8 mm in internal diameter and 200 mm high), so as to ensure the formation of a sharply defined boundary between the layers.

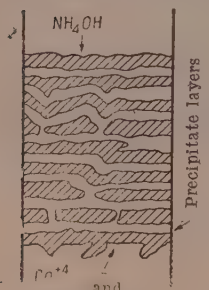
When the diffusion of ammonia into the mixture sets in, the resulting precipitate forms a clearly marked brown ring at the boundary. This ring is clearly visible at concentrations of cerium (4) equal to $1 \cdot 10^{-4}$—$1 \cdot 10^{-5}$ m, i. e. $2 \cdot 10^{-5}$—$2 \cdot 10^{-6}$ g of cerium per 1 cm³ of the solution.

Sometimes, as a result of further diffusion, several diffused layers are formed (the Liesegang rings in a water medium).

Thus, in one of the experiments, as much as 9 layers of an incompletely regular shape were formed during 2 hours (see figure).

3. The Drop Reaction

A drop of a $1 \cdot 10^{-5}$ m solution of cerium (4) sulphate is placed on a filter paper impregnated with a morphine salt (0.1—1% solution) and then the paper, on being dried to a certain extent, is held over ammonia vapours or is moistened with a drop of a 25% solution of ammonia. A distinct brown stain is visible on the paper.



Alternatively, one may shed a drop of a solution of a cerium(4) salt on a grain of morphine hydrochloride placed on filter paper and then expose the morhine hydrochloride grain to the action of ammonia or the vapours of the latter.

The reaction is detectable at concentration of cerium equal to $1 \cdot 10^{-5}$—$1 \cdot 10^{-6}$ g being very distinct at a concentration of $4 \cdot 10^{-5}$ g of cerium in 1 cm³.

If caustic potash is substituted for ammonia, the brown precipitate resulting from the reaction with morphine hydrochloride is mainly yielded by cerium (4) (its colour being 5 pn, II—III; 9, pn, II—III).

The colouring of the precipitate of cerium (3) with morphine in the presence of caustic potash is much weaker than in the case of cerium (4) and appears very slowly, by degrees.

The colouring of the precipitate resulting from the reaction of cerium and morphine in an alkaline medium, both in test-tubes and on paper, is retained for a period of many days, although it weakens to a certain extent.

This reaction may prove of great use, for instance, in field analyses, in analyses of ores and rocks, inasmuch as colour tests for cerium are very few. Cocaine and cinchonine do not show any colour reactions with cerium, lanthanum and thorium, either in acid, neutral or alkaline media.

It is interesting to note the reaction of brucine with cerium (4). Cerium (3), lanthanum and thorium do not manifest this reaction.

According to my experiments, the reaction of brucine with cerium (4) in an acetic acid medium results in a stable pink colouring which is retained without changes during the course of many days. This reaction sharply differs from that of brucine with nitric acid (²): 1) brucine base dissolved in acetic acid is used as a reagent; 2) the medium is weakly acid; 3) a stable pink colouring results. In solutions of a higher concentration, the colouring is orange-red.

In the case of the reaction with nitric acid, concentrated sulphuric acid is ordinarily used, and the colouring quickly changes from red to orange, yellow and, finally, greenish yellow.

In an acetic acid medium, brucine reacting with cerium (3) nitrate, thorium nitrate and lanthanum nitrate, does not show any colour effect.

In the case of cerium (4) a pink colouring is clearly visible at concentrations of $1 \cdot 10^{-6}$ g of cerium per 1 cm^3.

In an alkaline medium cerium(4) yields in the presence of brucine a dark brown precipitate. Cerium(3), thorium and lanthanum yield colourless jelly-like precipitates.

A drop reaction of cerium with brucine is of little effect inasmuch as, in an acetic acid medium, the pink colouring is hardly to be detected in thin layers. [It is distinctly visible at concentrations of cerium (4) exceeding 10^{-3} m).

If a filter paper coloured by the reaction of brucine with cerium is exposed to the action of ammonia vapours, its colouring changes from pink to light blue and then to lilac brown. This reaction is detectable at concentrations of up to 10^{-4} m of cerium (4)

The reaction of morphine with cerium may be probably explained as due to the fact that the morphine molecule contains oxy-groups analogous as to function to those in poly-phenols ([3]).

Starting from this analogy, I came to the reaction of cerium with morphine. The experiment has justified my expectations.

The reaction of cerium (4) with brucine is probably due to the oxidizing properties of cerium (4).

Conclusions

New colour reactions of cerium with morhpine and brucine are proposed. The reaction with brucine may be made use of for a colorimetric determination of cerium.

Institute of General
and Inorganic Chemistry.
Academy of Sciences of the USSR.
Moscow.

Received
19.XI.1936.

REFERENCES

[1] Ф. М. Шемякин, ЖОХ, **4**, 248 (1934) (Сообщение I); F. M. Schemiakin, ZS. anorg. allg. Chem., **217**, 272 (1934); Ф. М. Шемякин и Т. В. Вашедченко, ЖОХ, **5**, 667 (1935) (Сообщение II). [2] Тредвелл-Голл, Качественный анализ, стр. 472 (1933). [3] Ф. М. Шемякин, «Успехи химии за 1934 г. «Англ. ежегодник», стр. 309 (1936); Заводская лабор., 1090—1091 (1934).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

CHEMIE

ANWENDUNG DER OXYDIMETRISCHEN TITRATION ZUR KONSTITUTIONSBESTIMMUNG DER KOMPLEXVERBINDUNGEN

Von A. A. GRÜNBERG und D. I. RIABČIKOV (RJABTSCHIKOFF)

(Vorgelegt von N. S. Kurnakov, Mitglied der Akademie, d. 1. XII. 1936)

Schon vor einigen Jahren hat der eine von uns gemeinsam mit B. W. Ptizyn darauf hingewiesen, dass verschiedene Komplexionen des zweiwertigen Platins sich ungleich leicht oxydieren lassen. Es ist nämlich gezeigt worden, dass das Ion $[Pt(NH_3)_4]^{++}$ oxydabler ist, als die Ionen $[Pt(NO_2)_4]^{=}$, $[Pt(CN)_4]^{=}$ und einige andere (1).

Anderseits haben ebenfalls Grünberg und Ptizyn die interessante Tatsache festgestellt, dass es nämlich in einigen Fallen gelingt durch Variation der Versuchstemperatur den gemeinsamen Potentialsprung zweier Reduktionsmittel in zwei Sondersprünge zu zerlegen. Solches Verhalten wurde z. B. bei potentiometrischem Titrieren des Systems $[PtCl_4]^{=} + [IrCl_6]^{=}$ sowohl mit $KMnO_4$, wie auch mit $KBrO_3$ beobachtet (2).

Beim Ausführen der vorliegenden Arbeit haben wir versucht, die eben genannten Erscheinungen anzuwenden zur Beurteilung der Richtigkeit der von A. Werner vorgeschlagenen Koordinationsformeln der polymeren Salze vom Typus des bekannten grünen Salzes von Magnus.

Die Koordinationsformeln derartiger Salze wurden bisher bloss auf Grund der Reaktionen der doppelten Umsetzung aufgestellt. Unlängst ist es A. A. Grünberg gelungen sie kryoskopisch zu stützen (3).

Doch war es höchst wünschenswert auch neuartige physicalisch-chemische Konstitutionsbestimmungsmethoden aufzufinden.

Wir haben mit der potentiometrischen Titration des klassischen grünen Salzes von Magnus begonnen. Dieses Salz lässt sich beim Erwärmen in verdünnter Schwefelsaüre leicht auflösen.

Die Titration wurde sowohl mittels $KMnO_4$, wie auch mit $KBrO_3$, bei Zimmertemperatur und bei 85° C ausgeführt. Doch haben wir auf der Titrationskurve nur einen einzigen Sprung, der dem Totalgehalt des Platins entsprach, erhalten.

Als wir aber das Zyan-Analogon des Magnus'schen Salzes, d. h. die Verbindung $[Pt(NH_3)_4][Pt(CN)_4]$ nahmen, konnten wir schon bei der visuellen Titration bemerken, dass die erste Hälfte des in dieser Verbindung enthaltenen Platins sich sehr glatt mit $KMnO_4$ titrieren lässt, während das Titrieren der zweiten Hälfte ganz anders verläuft. Nach der Beendung der Titration der ersten Platin-Hälfte werden die zugesetzten $KMnO_4$-Tropfen nur sehr

Tabelle 1

Titration von $[Pt(NH_3)_4][Pt(CN)_4]$ mittels $KMnO_4$ (1 cm³=0.009522 g Pt); t=19°C

Einwage = 0.1020 g; Volumen—400 cm³ Wasser + 20 cm³ 25% H_2SO_4

Berechnet für den ersten Sprung . . . . 34.7% Pt
Gefunden » » » » . . . . . 35.0% Pt
Berechnet » » zweiten » . . . . . 69.42% Pt
Gefunden » » » » . . . . . 69.55% Pt

cm³	*mv*	Δ *mv*	cm³	*mv*	Δ *mv*	cm³	*mv*	Δ *mv*
0.0	300		3.8	430		7.2	530	
1.0	350	0.50	3.9	440	1.00	7.3	555	2.50
2.0	360	0.10	4.0	445	0.50	7.4	595	4.00
3.0	370	0.10	4.5	470	0.50	7.5	740	14.5**
3.2	370	0.00	5.5	480	0.10	7.6	775	3.50
3.5	378	0.27	6.5	490	0.10	7.8	795	1.00
3.6	383	0.50	6.8	500	0.33	8.0	800	0.25
3.7	395	1.20	7.0	510	0.50			
		3.50*			1.00			

Tabelle 2

Titration von $\left[\begin{matrix}CN \\ NH_3\end{matrix} Pt \begin{matrix}NH_3 \\ CN\end{matrix}\right]$ unter denselben Bedingungen

Einwage = 0.1176 g

Berechnet . . . . . 69.42% Pt
Gefunden . . . . . 69.23% Pt

cm³	*mv*	Δ *mv*	cm³	*mv*	Δ *mv*	cm³	*mv*	Δ *mv*
0.0	280		4.5	280	—	8.4	336	1.10
1.0	282	0.02	5.0	280	—	8.5	347	1.10
2.0	280	—	7.0	280	—	8.6	500	15.3*
3.0	280	—	7.5	285	0.10	8.7	535	3.50
3.7	280	—	7.7	290	0.25	8.8	555	2.0
3.9	281	—	8.0	314	0.80	9.0	590	1.75
4.1	280	—	8.2	320	0.30	9.2	615	1.20
4.3	280	—	3.3	325	0.50			

langsam entfärbt. Solch ein Verhalten ist überhauft für die Tetracyanoplatoate $Me_2[Pt(CN)_4]$ sehr charakteristisch. Beim Ausführen der potentiometrischen Titration ergeben sich zwei scharf-ausgepregten Sprünge, die auf die Zweikernigkeit der Verbindung ohne weiteres schliessen lassen.

Dabei ist es klar, dass der erste Sprung die Beendung der Oxydation des Ions $[Pt(NH_3)_4]^{++}$, der zweite diejenige des Ions $[Pt(CN)_4]^{=}$ anzeigt. Dieses Konstitutionsergebnis gewinnt noch an Anschaulichkeit falls wir die Titrationskurve des Salzes $[Pt(NH_3)_4][Pt(CN)_4]$ mit derjenigen des entsprechenden Monomers $Pt(NH_3)_2(CN)_2$ vergleichen. Die empirische Zusammensetzung beider Verbindungen ist gleich, doch ist die Titrationskurve des Monomers durch das Vorhandensein nur eines einzigen Sprunges, dessen Lage dem Totalplatingehalt der Verbindung entspricht, gekennzeichnet.

Die Titration der Zyankomplexe mit $KMnO_4$ soll vorsichtig ausgeführt werden. Die $KMnO_4$-Lösung muss allmählich in kleinen Portionen zugesetzt werden, um die induzierte Oxydation der Zyanreste zu vermeiden. Nachdem

Tabelle 3

Titration von $[Pt(NH_3)_4]\,[PtBr_4]$ mittels $KBrO_3$ (1 cm³ = 0.00816 g Pt)

Einwage = 0.0968 g; Volumen 350 cm³ H_2O + 25 cm³ 20% HCl; $t = 85°C$

Berechnet für den ersten Sprung . . 25.19% Pt
Gefunden » » » » . . 24.87% Pt
Berechnet » » zweiten » . . 50.20% Pt
Gefunden » » » » . . . 50.16% Pt

cm³	*mv*	Δ *mv*	cm³	*mv*	Δ *mv*	cm³	*mv*	Δ *mv*
0.0	440		2.9	550	0.53	5.5	626	0.34
0.5	487	0.94	3.0	557	0.70*	5.7	636	0.50
1.0	489	0.22	3.1	561	0.40	5.8	643	0.70
2.0	518	0.20	3.2	564	0.30	5.9	669	2.70
2.2	522	0.20	3.4	572	0.40	6.0	869	20.0**
2.4	529	0.35	3.5	575	0.30	6.1	892	2.30
2.6	536	0.35	4.0	586	0.22	6.2	902	1.00
2.7	540	0.40	5.0	609	0.23	6.5	914	0.40
2.8	544.7	0.47						

Tabelle 4

Titration von $\left[\begin{matrix}NH_3\\NH_3\end{matrix}Pt\begin{matrix}Br\\Br\end{matrix}\right]$ unter denselben Bedingungen; $t = 85°C$

Einwage = 0.1317 g

Berechnet . . . . 50.20% Pt
Gefunden . . . . 50.51% Pt

cm³	*mv*	Δ *mv*	cm³	*mv*	Δ *mv*	cm³	*mv*	Δ *mv*
0.0	225		4.5	259	0.04	7.6	283	0.20
0.5	239	0.28	5.0	261	0.04	8.0	300	0.85
1.0	243	0.08	5.5	263	0.04	8.1	321	2.10
2.0	248	0.05	6.0	266	0.06	8.2	429	10.80*
3.0	252	0.04	7.0	273	0.07	8.3	434	6.50
3.5	255	0.06	7.6	279	0.10	9.0	444	0.14
4.0	257	0.04						

das ganze Platin schon oxydiert ist, werden die neuzugefügten $KMnO_4$-Portionen allmählich weiter entfärbt, wahrscheinlich auf Kosten der Zyanreste. Die Natur der dabei sich bildenden Produkten ist noch nicht geklärt. Ausser $[Pt(NH_3)_4]\,[Pt(CN)_4]$ haben wir auch die entsprechende Bromoverbindung $[Pt(NH_3)]_4\,[PtBr]_4$ untersucht. Beim Titrieren der letzteren und der entsprechenden cis-trans-isomeren Bromide von der Zusammensetzung $Pt(NH_3)_2Br_2$ mit $KBrO_3$, in Salzsaurerlösung erhielten wir folgende Resultate:

1. Wird das Salz $[Pt(NH_3)_4]\,[PtBr_4]$ in der Kälte potentiometrisch titriert, so wird nur ein Sprung, der dem totalen Platingehalt entspricht, wahrgenommen.

2. Beim Erhitzen (85°—90°) sind zwei Sprünge zu fassen: der erste Sprung entspricht dem Ende der Titration von $[Pt(NH_3)_4]^{++}$, der zwei-

Tabelle 5

Titration von $\left[\begin{matrix}NH_3\\Br\end{matrix}Pt\begin{matrix}Br\\NH_3\end{matrix}\right]$ unter denselben Bedingungen

Einwage = 0.1416 g

Berechnet . . . . 50.20% Pt
Gefunden . . . . 49.85% Pt

cm^3	mv	Δmv	cm^3	mv	Δmv	cm^3	mv	Δmv
0.0	195		5.0	255	0.04	8.4	275	0.15
0.5	229	0.68	6.0	258	0.03	8.5	277	0.20
1.0	236	0.14	7.0	262	0.04	8.6	279	0.20
2.0	242	0.06	7.5	265	0.06	8.7	407	12.8*
3.0	247	0.05	8.0	269	0.08	8.8	429	2.20
4.0	251	0.04	8.2	272	0.15	9.0	431	0.10
4.5	253	0.04						

te—demjenigen von $[PtBr_4]^=$. Solch eine Verteilung der Sprünge wird in folgender Weise direkt bewiesen: titrieren wir die salzsaure $[Pt(NH_3)_4]\cdot[PtBr_4]$-Lösung mit KBr_3O bis zum ersten Sprung und versetzen darauf die Lösung mit konzentrierter Salzsäure, so wird das Chlorid von Gros abgeschieden. Die Analyse des Chlorids ergab folgende Werte:

berechnet für $[Pt(NH_3)_4Cl_2]Cl_2$: 48.18% Pt;
gefunden für $[Pt(NH_3)_4Cl_2]Cl_2$: 47.83% Pt.

Die Ausbeute dieses Produktes beträgt ungefähr 92% der Menge, die sich nach der Gleichung.

$[Pt(NH_3)_4][PtBr_4] + O + 4HCl \rightarrow [Pt(NH_3)_4Cl_2]Cl_2 + H_2PtBr_4 + H_2O$ bilden könnte, ist also beinahe quantitativ.

3. Die geometrisch-isomeren monomolekularen Bromide $[Pt(NH_3)_2Br_2]$ ergeben auf der Titrationskurve unter allen geprüften Bedingungen nur einen einzigen Potentialsprung, welcher dem Totalplatingehalt, entspricht.

Institut allgemeiner anorganischer Chemie.
Akademie der Wissenschaften der UdSSR.
Moskau.

Eingegangen
d. 1.XII.1936.

ZITIERTE LITERATUR

[1] A. A. Grünberg u. B. W. Ptizyn, Ann. de l'Instit. Platine, **11**, 77 (1933). [2] A. A. Grünberg u. B. W. Ptizyn, C. R. Acad. Sci. URSS, II, № 1 (87) (1936). [3] A. Grünberg, Ann. Inst. Platine, **10**, 62 (1932).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV. № 3

GEOCHEMISTRY

ON THE OCCURRENCE OF NICKEL IN THE BIOTITE SHALES OF THE URAL EMERALD MINES AND OF OTHER EMERALD DEPOSITS

By K. K. MATVEIEV

(Communicated by A. E. Fersman, Member of the Academy, 21. XI. 1936)

In studying the ultra-violet arc spectra of emission of biotite shales found in emerald mines of the Urals, I has occasion to discover therein occurrences of nickel in quantities that are undoubtedly determinable analytically, but have so far been overlooked by analysts; on the same occasion, I also discovered spectroscopically the presence of cobalt in these biotites. I thereupon expressed the view that nickel is sure to occur in the biotite shales found in other emerald deposits similar to those of the Urals, as for instance, in Africa, viz. Zabara, Sikait and other old mines of Cleopatra situated to the south of Kosseira near the Red Sea, in Egypt, and the recently discovered deposits in Leidsdorp district, the Transvaal; in Europe, viz. at Habachtal, in Zalzburg Alps [(1) 223—243]. N. I. Vlodavec, who analysed the mica from Habachtal, an emerald deposit very similar to those of the Urals failed to find nickel [(2) 184] therein. No other analyses of these micas were known to me. The biotite shales of African deposits do not appear to have ever been analysed; it was therefore of interest to discover the occurrence of nickel in the biotite shales of all the above deposits and to give a quantitative determination of its content.

I was enabled to carry out that work in using the method of spectra of comparison at the Spectral Analysis Laboratory of the State Optical Institute of Leningrad, in the autumn of 1935.

Some difficulties were encountered in selecting the material to be investigated. Although samples from Ural mines were available in a large, and practically unlimited number, the conditions of occurrence (depth and position in the contact zone) were not known for any of them, the only particulars to hand being the names of the mines (e. g., Pervomaiski Mine, late Troitzski Mine). This was also the case with the Transvaal mines, for which only the name of the mine was known (Somerset Mine). Still more vague was the information as to the Habachtal samples, no precise indications as to the deposits being available. No samples of emerald shales from Egypt could be obtained; none were to be found even in the greatest mineralogical collections of the Union, such as of the Academy of Sciences, of Moscow University, or of the Mining Institute in Leningrad.

Thus, only casual samples were quantitatively analysed by the spectroscopic method; it is known, however, that the chemical composition of emerald shales, as shown by cross sections both across the biotite contact zone and along it, is not constant, but is subjected to variation.

Previous to the spectroscopic investigation, the arc spectra of emission of the micas contained in the shales of the three above-mentioned emerald deposits had been tested qualitatively for nickel. My suppositions as to the occurrence of nickel therein were found to be confirmed. What was absolutely new, was only the discovery of nickel in the Transvaal shales, since the presence of nickel in the biotites of Ural shales had already been proved theoretically by the writer, and its occurrence in the micaceous shales of Habachtal had been established by the writer, jointly with C. A. Medvedeva, in spring of 1935, at Sverdlovsk. The reaction of the nitric acid solution of that mica yielded, upon addition of 1 cm^3 of a 1% alcohol solution of dimethyl-glyoxime and then ammonia, and subsequent boiling, a pinkish-red crystalline precipitate of nickel-glyoxime highly characteristic of nickel. Upon examination with a polarizing microscope, the precipitate was found to consist of slender, elongated, double-refractive and highly pleochroizing needles.

Since no solid etalons were available for the obtention of spectra of comparison, standard (etalon) solutions were prepared with the chlorides of Ni, Mg, Fe, Al and K (sodium being calculated in terms of potassium), in concentrations representing the average composition of the shales found in the Ural emerald mines as estimated from the three published analyses of the latter [(2) 212)]. Nickel chloride was introduced into the standard solutions in concentrations varying from 0.002 to 0.04%. Previous to the spectroscopic investigation, the biotite shales were subjected to chemical treatment, the samples taken being first throughly ground and then treated with fluoric acid to remove the silicon, whereafter they were reduced to a solution of a definite volume by the action of hydrochloric acid. The spectrograms were obtained with a large Schmidt a. Haensch quartz spectrograph. The source of light used was a condensed spark supplied by a 1.5 kilowatt transformer of a secondary voltage of 12 000 volts. The width of the slit was 0.015 mm. A cylindrical quartz lens was placed in front of the slit. The electrodes were specially made cone-and-cup carbone electrodes, which had been annealed before the obtention of the spectra. The total exposure lasted 4 minutes (1 minute for every new addition of the solution indroduced with a graduated pipette).

The method of investigation was that generally adopted at the Spectral Analysis Laboratory of the State Optical Institute and described in detail by J. M. Tolmachov and A. N. Filippov (3).

The results obtained are given below.

Name of biotite (emerald) shale deposit	Ni content %	Corresponding amount of NiO %
1. Ural Mine	0.05	0.06
2. Habachtal, Tyrol	0.03	0.04
3. Somerset Mine, Transvaal .	0,09	0.11

Precision of determinations $\pm$ 30%.

The determination of the nickel content was made by a comparison of the intensities of the spectral lines of nickel as obtained in the solutions under examination and in standard solutions at λ 2416.14 and λ 3414.77.

Conclusions

1. Our suppositions as to the occurrence of nickel in emerald shales of a genesis similar to that of those found in the Urals have been confirmed.

2. The figures showing the NiO content in the biotite shales, as obtained from occasional samples, the position of which in the biotite zone is unknown, cannot be taken to represent the whole complex of biotite (emerald) shales of the Ural, the Tyrol and the Transvaal deposits, and cannot therefore be used in a qualitative characterization of those deposits or in a comparison of these deposits with one another in point of NiO content. This is also the case with CoO, the content of which would probably amount to ($^1/_{10}$—$^1/_{20}$) of the nickel present.

2. The NiO content in the emerald shales of the above three deposits would appear to be, according to the spectroscopic analysis of occasional samples taken from those three deposits, greatly in excess of the average NiO content in the biotites of acid eruptive rocks, being in the neighbourhood of the most probable NiO content in biotites, the range of which, according to E. Tröger, is 0.01—0.2% NiO ([4]).

After my preceding paper ([1]) had gone to press there appeared an article by A. N. Winchell, where he put forward the suggestion that, if the biotites appear to contain a high percentage of ferric (trivalent) iron, this is merely due to the oxidation of primary ferrous (bivalent) iron ([5]). The experiments of Kunitz and Barnes had shown that these changes could proceed both in biotite ([6]) and in hornblende ([7]) without any visible disturbance of their crystalline structure. I therefore thought it both interesting and indispensable to verify my previous conclusions as to the laws of distribution of nickel in biotite in the light of the new ideas formulated by A. N. Winchell and others. This verification has now been made. In my assumptions I went farther than Winchell and assumed all the ferric iron present in the biotites to be of secondary origin. I therefore recalculated my analyses accordingly and substituted FeO for Fe_2O_3. This proved to my satisfaction that the laws deduced by myself for the biotites as regard the influence of the ratio of magnesium to bivalent iron (and generally to the oxide group of the $\dot{R}O$ type) upon the NiO content in mica also hold good in this case and are fully confirmed ([1]). I further made similar recalculations of my analyses of pure actinolite taken from Sretenski emerald mine, of talco-micaceo-actinolitic shales from Krestovik mine and of actinolitic shales with an admixture of mica or talc from the same mine [([1]) 233)]. In all cases, I got a confirmation of my previous conclusions as to the NiO content in these minerals and their mixtures which proved to be regular and depending upon the MgO : FeO or the MgO—$\dot{R}O$ ratio.

It would, thus, appear that the conclusions of H. J. L. Vogt, as interpreted and extended by the writers, far from being at variance with A. N. Winchell's assumption, confirm the latter. There is no denying the fact that all these ideas introduce simplicity and clearness into the understanding of the chemical composition (as evidenced by analyses) and the chemical structure of such complex silicates as biotites and possibly many other minerals, thus adding a new interest to the discussion of these seemingly long thrashed out questions.

I take this opportunity of conveying my best thanks to all those, who have contributed to the performance of this work, to Prof. A. N. Filippov for his valuable advice and suggestions; to J. M. Tolmačev, senior scientific worker, to M. A. Azarnova, laboratory assistant, for the chemical treatment of the micas previous to the spectroscopic analyses, and to V. I. Krizhanovski, who kindly placed at my disposal samples for investigation from the collections of the Mineralogical Museum of the Academy of Sciences of the USSR.

Received
21.XI.1936.

REFERENCES

[1] Научные труды по биохимии, радиогеологии, биогеохимии, минералогии, геологии петрографии и др. Академику В. И. Вернадскому в честь 50-летия научной деятельности академика, в день 50-летия его научной и педагогической деятельности. Москва, 1936 г. стр. 223—243. К. К. Матвеев, спектрохимические исследования биотитовых сланцев уральских изумрудных копей (некоторые данные к геохимии никеля). [2] А. Е. Ферсман, Драгоценные и цветные камни СССР, т. II (1935). [3] J. M. Tolmačev et A. N. Filippov, C. R. Acad. Sci. URSS, III, № 5, 321 (1934). [4] E. Tröger, Chemie der Erde, 9, H. 3, 297. [5] A. N. Winchell, The American Mineralogist, 20, № 11, 773—775. [6] Kunitz u. Barnes, ZS. f. Krist., 70, 508 (1929). [7] Kunitz a. Barnes, The American Mineralogist, 15, 393—417.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

PETROGRAPHY

ON LEAD-BEARING TURMALINE FROM THE MALY KHINGAN

By A. LEBEDEV

(Communicated by F. J. Loewinson-Lessing, Member of the Academy, 2. XII. 1936)

The turmaline described below is one of the rock-forming minerals of the turmaline-muscovite granites (1), which form a rather important intrusion about 250 km² on the southern slope of the Maly Khingan range (in the Far Eastern Territory). These granites are characterized by the comparative constancy of their mineralogical composition and by the extreme variability of their structure, presenting frequent transitions to coarse-grained varieties of granite-pegmatite type; in the composition of the stratum participate: quartz, microcline-perthite, albite, muscovite, turmaline, sometimes biotite, garnet, with accessories: sphene, apatite, magnetite. Data from analysis of the sections points also to the presence in the granites, although in very inconsiderable quantities and in rare spots, of cassiterite, monacite and of native gold*. The average content of turmaline in the granites is 3 to 4 per cent. The turmaline, both in the normal fino-grained varieties and in the pegmatitic ones, is everywhere formed in elongated, columnar crystals with terminal edges poorly delineated; its grains are equally distributed throughout the rock; colour, black; hardness 7 to 7.5. The column-like crystals are not infrequently cleft by transverse fissures into parts displaced with regard to each other; in sections still finer longitudinal fissures are observed. The turmaline is characterized in sections by the following optical data: absorption is almost complete along N_p; pleochroism: N_g—pale bluish green with a yellowich tinge, N_p—dark brown. A zonation of colour is often to be observed: its intensity increases smoothly to the edges and the usual brown colour acquires a violet constituent; light refraction: $N_g=1.655\pm\pm0.002$, $N_p=1.633\pm0.002$; double refraction 0.002 ± 0.003. Small inclusions of quartz, apatite, magnetite and zircon are also observed in turmaline.

A determination of the chemical composition of the turmaline was made for the purpose of clarifying the general chemistry of the magma of turmaline-muscovite granites. An analysis and description of the granite is given in a work by the author (1). An analysis of the turmaline which gave extremely interesting results was carried out by V. A. Smirnov in the chemical laboratory of the Institute of Petrography.

In its chemical composition, the turmaline described is related, as is apparent, to the purely ferrous varieties of turmaline, corresponding to the molecule of schorl, according to the latest classification of Kunitz (3); at the

* With respect to gold, the view has been expressed in the literature that it is connected with another, here more widely distributed type of granite—the so-called Birobijan granite (2).

	Turmaline from Maly Khingan	Molecular quantity	Turmaline from pegmatite, Volyn	Turmaline from Eibenstock
SiO_2	35.96	596	37.87	34.82
TiO_2	0.58	7	0.37	—
Al_2O_3	33.48	327	33.94	34.14
Fe_2O_3	7.01	44	—	—
FeO	6.63	92	10.02	14.12
MgO	0.33	8	3.35	0.86
CaO	0.48	8	0.59	—
MnO	0.21	3	0.13	0.24
Na_2O	1.46	23	2.51	2.42
K_2O	0.06	1	0.29	0.35
H_2O+	2.84	157	0.88	3.37
H_2O-	0.20	—	0.06	—
B_2O_3	8.48	121	9.74	9.92
PbS	1.25	—	—	—
F	0.74	—	—	—
Other elements	0.35	—	—	—
	100.06	—	99.82	—

same time, its composition leans somewhat towards the third «alumina» component which enters, according to Kunitz, into the formula of turmaline together with schorl and dravite; in this third component, aluminum oxide replaces part of the iron. A comparison of Kunitz's theoretical molecules with our turmaline is given below.

The whole iron is expressed in terms of ferrous oxide.

	SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	(Mg, Fe)O	Na_2O	H_2O
According to Kunitz: schorl	12	3	6	6	1	4
According to Kunitz: alumina component	11	3	7	5	1	4
Khingan turmaline	15	3	8	3	1	4

The somewhat excessive SiO_2 content, as compared with the theoretical, may be explained by the presence of microscopical inclusions of quartz.

For purposes of comparison there are presented: in the third column, an analysis of turmaline from the pegmatite vein in the v. Schurkovo in the Volyn ([4]), quite near in chemical type to the Khingan turmaline and, in the 4th column an analysis of schorl from Eibenstock, Saxony, according to Kunitz ([3]).

The presence of lead in the Maly Khingan turmaline, the content of which, determined in the form of PbS, amounts to 1.25 per cent, i. e. 1.1 per cent of metallic lead, is quite unusual. Likewise, of great interest is the presence of arsenic and of the elements of the 5th group.

In the literature, the only—and even that an indirect—reference to the presence of lead in turmaline is that of Lacroix ([5]) in the case of one of the ferro-lithic turmalines of the Anjanabonoina districts in Madagascar; the lead, together with gallium (?) was qualitatively determined. A. E. Fersman ([6]) in his «Pegmatites» expresses doubt about the accuracy of this statement of Lacroix.

Institute of Petrography.

Received
2.XII.1936.

REFERENCES

[1] А. П. Лебедев, Тр. Малохинганской экспедиции Академии Наук СССР. [2] Б. В. Витгефт, Сборник «Хингано-Буреинская проблема», Хабаровск (1934). [3] W. Kunitz, Chemie der Erde, H. 2 (1929). [4] Ю. М. Абрамович, Геологічний журнал Академии Наук УССРIII, вип. 2 (1936). [5] A. Lacroix, Minéralogie de Madagascar, I, 431, Paris (1922). [6] А. Е. Ферсман, Пегматиты, 1, 419 (1931).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

GENETICS

A NEW EIGHTH LINKAGE GROUP IN *BOMBYX MORI* L

By P. A. KOSMINSKIJ and N. P. ERŠOVA

(Communicated by A. A. Sapehin, Member of the Ukrainian Academy, 3. XII. 1936)

In 1935, fifty worms of the type l_1 (multilunar recessive) characterized by additional specks on the segments of the abdomen were selected from a litter which should have given $^1/_2$ light-yellow (inside and outside) cocoons (genes X or XF), $^1/_4$ flesh-coloured (on the outside, genes xF) and $^1/_4$ white (genes xf). These worms gave 24 flesh-coloured, 16 white and no light-yellow cocoons. This led us to the conclusion that there exists a sort of «repulsion between genes X and l_1. In 1936 special crosses were made to check the above and to determine the percentage of crossing over. For this purpose, the usual cross was made of individuals heterozygous for X and l_1, with the double recessive $xx\ l_1l_1$. In all, 11 crosses were made where the females were heterozygous, and 14 back crosses of recessive females with the heterozygous males. On the basis of previous investigation (1), we know that in the majority of cases gene l_1 is not fully expressed. We therefore sought to determine the percentage of crossing over for type l_1 only, since among normals (type L_1) we should expect several individuals of genotype l_1l_1. Actually the problem was more involved, as is evident from Tables 1 and 2. In counting l_1 and normals in several groups of the first series* of crosses there was a prevalence of type l_1. (332 l_1 and 172 normals; 189 l_1 and 160 normals). In the other crosses, as was to be expected, there was almost an equal number of both types or a predominance of normals. Among the cocoons resulting from both types we found among normals, in the majority of the cases, several cocoons of the type x (white or flesh-coloured). In two cases where we had noted an excess of type l_1, all normals were of the type X. Among l_1 there were several of the type X. Finally, in one litter there were observed exceptional individuals in both types (see Table 1). From this it follows that in some cases gene l_1 may manifest itself in a heterozygous condition in a considerable percentage (up to 30% of individuals). This made it impossible to determine the percentage of crossing over for type l_1. Assuming that we should meet an equal percentage of exceptional individuals in both series as a result of the non-expression of type l_1 in homozygous condition and the expression of the same in the heterozygous one, we might have determined the true percentage of crossing over by subtracting the percentage of exceptional individuals in the first

* Since crossing over does not occur in females, in this series all l_1l_1 should be of the type x and all L_1l_1 of the type X.

Table 1

♀ $L_1\ l_1\ X\ x \times ♂\ l_1\ l_1\ x\ x$

№	l_1x	l_1X	L_1X	L_1x	l_1	L_1	n
1 . . .	132	36	118	—	168	118	285
2 . . .	106	20	94	—	126	94	220
3 . . .	95	—	89	7	96	96	192
4 . . .	82	—	98	15	82	113	195
5 . . .	72	—	91	15	72	106	178
6 . . .	128	—	150	34	128	184	312
7 . . .	51	—	77	29	51	106	157
8 . . .	93	—	94	9	93	103	196
9 . . .	119	—	113	8	119	121	240
10 . . .	91	—	98	3	91	111	192
11 . . .	94	3	112	10	97	122	219
Σ . .	1 064	59	1 124	130	1 123	1 254	2 377

Table 2

♀ $l_1\ l_1\ x\ x \times ♂\ L_1\ l_1\ X\ x$

№	$l_1\ x$	$l_1\ X$	$L_1\ X$	$L_1\ x$	l_1	L_1	n	Percentage of crossing over for l_1	Percentage of crossing over for L_1	Percentage of crossing over for the whole litter
1	26	2	35	2	28	37	65	7.14	5.41	6.15
2	38	—	37	5	38	42	80	0.00	11.90	6.25
3	129	8	127	13	137	140	277	5.84	9.29	7.58
4	71	3	68	4	74	72	146	4.05	5.56	4.79
5	129	—	118	4	129	122	251	0.00	3.28	1.59
6	86	11	80	—	97	80	177	11.34	0.00	6.21
7	110	6	87	3	116	90	206	5.17	3.45	4.37
8	87	15	115	—	102	115	217	14.71	0.00	6.91
9	88	4	85	2	92	87	179	4.35	2.30	3.35
10	61	2	65	8	63	73	136	3.17	10.96	7.35
11	19	7	27	—	26	27	53	26.92	0.00	13.21
12	66	6	60	3	72	63	135	8.33	4.76	6.67
13	78	4	99	3	82	102	184	4.88	2.94	3.80
14	61	2	66	4	63	70	133	3.17	5.71	4.51
Σ	1 049	70	1 069	51	1 119	1 120	2 239	6.26	4.55	5.40

series from that in the second one. However, such a calculation proved impossible. The total percentage of exceptional individuals in the series was higher than in the second series (in the first series, 7.95; in the second, 5.40). It is true, that counting l_1 alone, it was somewhat smaller (5. 25 and 6.26 respectively). This may be explained by the fact that in both series there were litters not suitable for comparison: in the first series, they were predominantly either of the type l_1 or normals; in the second series they contained a more or less equal number of both types. It is clear from Table 2 that the actual percentage of crossing over should be small. In a number of litters, of one or the other type, there were no exceptional individuals at

all, in spite of the fact that the number of offspring in these litters was sometimes considerable. Thus, in 5th litter, among 129 individuals of the type l_1, there were none of the type x. We are, thus, able to determine the maximum percentage of crossing over where it would be probable that there would be no exceptional cases (of a total of 129) of crossing over.

An estimate makes it apparent that the maximum possible number of cross-overs will be equal, in that case, to 8, i. e., 6.20%. On the basis of this, we have the right to exclude from calculation all cases where among l_1 or among normals there are more than 6.20% of exceptional individuals. Under such conditions, the percentage of crossing over for l_1, will be 3.65; for L, 2.89; and on the average, 3.25. The possibility cannot be excluded, of course, that even in those cases where the percentage of exceptional individuals is lower than 6.20, there may be non cross-overs among them, so that 3.25 is probably somewhat overestimated. An exact calculation of the percentage of crossing over is possible only in the case of lines which give only an incomplete expression for l_1 in the homozygous condition or else an incomplete expression for the type L_1 in the heterozygous condition. In any case, the localization of the genes l_1 and X in one chromosome has been definitely proved. So that to the seven-linkage groups which have been marked by several genes ([2],[3]), we add a eighth group.

Institute of Zoology.
Moscow State University
and
Voronezh University.

Received
3. XII. 1936.

REFERENCES

[1] П. А. Косминский, Зоолог. журн., **11**, 3—4 (1932). [2] S. Ogura, ZS. ind. Abst.-Vererbungsl., **58**, H. 3—4 (1931). [3] Y. Tanaka, Journ. Dep. Agric. Kyushu Imp. Univ., I, 8 (1927).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

GENETICS

ON THE QUESTION OF THE INHERITANCE OF YELLOW COLOUR IN COCOONS IN *BOMBYX MORI* L.

By P. A. KOSMINSKIJ and N. A. MORDOVKINA

(Communicated by A. A. Sapehin, Member of the Ukrainian Academy, 3. XII. 1936)

Ogura (1931) described different types of yellow coloured cocoons as due to the influence of the following dominant genes: Y^c—external layers of the cocoon are coloured bright yellow, internal not coloured (white); X—external layers not coloured, internal yellow; F—external layers are flesh-coloured; Pk—external layers are rose-coloured; this gene is expressed only in the presence of gene F. Gene Y^c is epistatic to all the others.

According to Jucci (3) the nature of the cocoon colour depends upon the time of penetration of the pigment from the blood into the silk-glands and upon the nature of the pigment. Under the influence of gene Y^c the pigment penetrates into the glands even before the beginning of the formation of the cocoon; under the influence of gene X it penetrates there later. Yellow colour of the cocoon is determined by two pigments, xanthophill and carotin, the least amount of carotin being observed in the case of the typical yellow colour (genes Y^c and X), a larger amount—in the case of flesh colour (gene F), and the largest one—in the case of rose colour (gene Pk) (4).

However, a number of facts cannot be explained on the basis of Ogura's data. Thus, we find yellow cocoons, of different shades, both outside and inside, which do not conform to any of Ogura's types. These types form a complete series of transitional forms from typical X to the typical Y^c. In analysing some of these types we obtained monohybrid segregation, i. e. each of these types is determined by a single gene, a great variety of shades being always observed among the yellow cocoons resulting from this segregation. This led us to assume the possibility of there being only one gene of the typical yellow colour. The large variety of shades is due to the influence of external conditions and modifiers. This hypothesis is substantiated by the data of Jucci (3), who, by crossing the race Oro (type Y^c) with local Italian yellows (giallo indigeno), found that yellow and white did not segregate in F_2.

To check our hypothesis, we analysed the race Oro, yellow Italian races (Ascoli and Majella), and hybrids resulting from crosses between Oro and Askoli. For analyser we used a yellow-blooded, white-cocooned race, which, as is known, has no dominant genes of cocoon colour. A pure race was crossed with the analyser, the genes of cocoon colour undergoing a change to heterozygous state. The heterozygous forms obtained in F_1 were then crossed with the analyser; the number of genes determinig the cocoon colour was determined from the relative amount of white cocoons resulting from the last crossing (in the case of one gene, $^1/_2$ white; in the case of two, $^1/_4$; in

the case of three, $^1/_8$, etc). To analyse the Oro × Askoli hybrid, we crossed it to the same analyser. The examination of the races Majella and Askoli gave the same results in all cases: segregation of coloured and non-coloured (white) cocoons in the ratio 3 : 1, which indicates the presence of two genes determining the cocoon colour. Among the coloured, $^1/_3$ are typical F; the rest in the majority of cases, belonged to either of the following two groups: 1) flesh-coloured on the outside, yellow within, 2) yellow within, light yellow on the outside. It follows that gene F is here present together with another determining the light-yellow colour (apparently gene X; the typical X's are obtained under higher temperatures, as our experiments on temperature have shown; a decrease in temperature converts the type X into light-yellow within and without). An analysis of the race Oro gave similar results: yellow and white in the proportion 3 : 1; $^1/_2$ flesh-coloured among the yellow. The other yellows varied in shade from light-yellow to the typical Y^c. We see that in both races there is one common gene F; this might explain the absence of white cocoons in F_2 in the crosses between yellow Italian races and Oro. However, in the analysis of Ascoli × Oro hybrids, in no case were the cocoons of the type F (flesh-coloured on the outside, white within), while there should have been $^1/_4$ of this type, if different genes localized in different chromosomes determined yellow colour in Oro and in Ascoli. To remove all doubt, we analysed the hybrid from Oro × Aojiku bivoltine. The latter have only one gene of yellow colour (X). In this case also we obtained only yellow cocoons. It follows that genes Y^c and X are allelomorphs. It remains to solve the question whether these allelomorphs are different or whether there is only one gene of yellow colour, the various shades being due to the action of different modifiers or external conditions. The presence of light-coloured cocoons in Oro favours the latter hypothesis. For a final check-up, we crossed butterflies of different types of cocoons from Oro with the analyser. In many cases, we obtained either monohybrid segregation (white and yellow in equal number) or dihybrid ($^1/_4$ white) with appearance of the type F. In both cases, among the yellow cocoons we obtained the light-yellow ones of the X type and ones closely resembling it as well as the typical Y^c. Each of the analysed males was crossed to several female analysers of different descent. In spite of the identical conditions of feeding, we obtained a wide variety of shades of colour depending upon the origin of the females. The percentage of light-yellow ones ranged from 14 to 63. It is clear that the females of different lines had different modifiers. It would seem therefore, that at least the majority of the modifiers are completely and incompletely dominant, since a cross between Oro and Askoli or with some other yellow Italian race gives a prevalence of the type Y^c, although this is due in a great measure to external conditions ([2]). And so, on the basis of our experiments, we are led to believe that there is only one gene of yellow cocoon colour (let us designate it Y^c for its priority), this colour being determined by xanthophill and traces of carotin. The nature of the colour (depending as it does upon time and intensity of penetration of the pigment into the glands) is determined by the influence of modifiers and external conditions, chiefly temperature.

Institute of Zoology.
Moscow State University.
Voronezh University.

Received
3.XII.1936.

REFERENCES

[1] П. А. Косминский и Л. С. Файнберг, Зоолог. журн., **12** (1933).
[2] П. А. Косминский и Р. П. Гофман, Зоолог. журн., **13** (1934).
[3] Jucci, R. Accad. d'Italia, mem. cl. sc. fis.-mat. e nat., 5 (1934).
[4] C. Manuta, Atti d. Soc. d. Nat. e Mat. di Modena, **45** (1934).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

GENETICS

AN INVESTIGATION OF INVERSIONS IN THE THIRD CHROMOSOME OF DROSOPHILA MELANOGASTER, AND THE OBTAINING OF NEW INVERSIONS WHICH COMPLETELY SUPPRESS CROSSING OVER ALONG THE WHOLE OF ITS LENGTH

By Z. F. FEDOROVA

(Communicated by A. A. Sapehin, Member of the Ukrainian Academy, 3. XII. 1936)

H. J. Muller advanced the proposal to obtain, by means of X-raying a line of flies of *Drosophila melanogaster* in wich there would be no crossing over along the whole length of the third chromosome. Such a line would be important for calculating the mutations and chromosomal aberrations arising in the chromosome III.

Such a line is *ClB* for the chromosome *X* and *Cy* for the second chromosome.

A line of flies obtained directly from Dr. Muller, of the structure

$$\frac{ru\ h\ D\ C\ x}{ru\ h\ th\ st\ cu\ sr\ e\ ca}$$

which already had an inversion, as yet not localized and not fully suppressing the crossing over in the third chromosome, served as material for this work.

We produced localization of the inversion according to the scheme shown in Table 1.

Table 1

$$P\ \sigma\ \frac{ru\ h\ D\ C\ x}{ru\ h\ th\ st\ cu\ sr\ e\ ca} \times \varphi\ \frac{st\ sb\ ro\ ca}{st\ sb\ ro\ ca}$$

$$F_1\ \varphi\ \frac{ru\ h\ D\ C\ x}{st\ sb\ ro\ ca} \times \sigma\ \frac{ru\ h\ st\ Pr}{ru\ h\ th\ st\ cu\ sr\ e\ ca}\ *$$

0	1		2		3		4		1,2	1,3	1,3,4	
Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Flies obtained, per cent	Flies obtained, per cent	Flies obtained, per cent	Total number of flies
65.95	26.5	26.8	13.9	5.0	3.6	0.18	56.7	0.98	0.97	0.04	0.08	2 677

From Table 1 is apparent that 1) the left arm of the third chromosome is quite free of inversion from locus *ru* to locus *h*, 2) crossing over from lo-

* Flies $\frac{ru\ h\ st\ Pr}{ru\ h\ th\ st\ cu\ sr\ e\ ca}$ were heterozygous, since flies homozygous for *ru cu ca* are weakly viable. Consequently, half the offspring having the gene *Pr* were not reckoned.

cus *h* to locus *D* is much hindered—instead of the 13.9 per cent according to the map, we obtained only 5 per cent, while crossing over between loci *D* and *st* was sharply diminished (from 3.6 to 0.18 per cent). On this basis it may be assumed that there is an inversion in the chromosome between loci *h* and *st*; 3) the percentage of exchange between genes *st* and *ca* (0.98 per cent) shows how difficult is the crossing over in this great section of the chromosome. Inasmuch as the particular portion of the chromosome of 56.7 units is not marked by genes, the character of this inversion and its dependence on the supposed inversion in the left arm remain entirely unexplained.

In order more exactly to localize this inversion of third chromosome, we carried out crossing according to the scheme shown in Table 2.

Table 2

$$P\,♂\ \frac{ru\ h\ D\ C\ x}{ru\ h\ th\ st\ cu\ sr\ e\ ca} \times ♀\ \frac{st\ sb\ ro\ ca}{st\ sb\ ro\ ca}$$

$$F_1\,♀\ \frac{ru\ h\ D\ Cx}{st\ sb\ ro\ c\ a} \times ♂\ \frac{st\ sb\ ro\ ca}{st\ sb\ ro\ ca}$$

0	1		2		3		4		
Flies obtianed, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Total number of flies
96.63	3.6	0.06	14.2	0	32.9	0.06	9.6	1.2	6 851

Table 2 point to such a strong suppression of crossing over throughout the whole length of the chromosome between loci *D* and *ca* as to make it probable that there is present one large inversion embracing both arms of the chromosome with the spindle fibre or several small inversions. The slight crossing over that takes place between loci *D* and *st* (0.18 per cent according to Table 1 and 0.06 per cent according to Table 2) and between loci *sb* and *ro* (0.06 per cent, Table 2) can be put down to the effect of the varying suppressed crossing over.

The end of the inverted part in the right arm is very likely somewhere near locus *ca* inasmuch as between loci *ro* and *ca* a certain increase in percentage of crossing over is to be observed (1.2 per cent) as compared with the rest of the chromosome. According to the data of Table 1 the left end of the inverted part of the chromosome is located between loci *h* and *D*.

Obtaining of New Inversions Suppressing Crossing Over along the Whole Length of the Third Chromosome

The data of Tables 1 and 2 showed that it was necessary for us to suppress crossing over between loci *ru* and *h*, and *h* and *D*. The crossing over was greatly hindered between loci *h* and *D* (Table 1), but was quite normal between loci *ru* and *h*.

In order to obtain the inversions we needed, males of the line

$$\frac{ru\ h\ D}{ru\ h\ th\ st\ cu\ sr\ e\ ca}$$

were X-rayed with a dose of 10000 r and were crossed according to the scheme shown in Table 1.

On testing the flies for inversion in F_2, out of 500 cultures 5 lines were found to possess inversions in the sections we needed.

The most suitable for our purpose proved to be culture № 21/430 (Tables 3 and 4). This culture gave the smallest percentage of crossing over between loci *ru* and *h* (0.24 per cent) and an almost complete absence of crossing over clear up to locus *ca* (1.1 per cent).

Table 3

0	1		2		3		4		Total number of flies
Flies obtained per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	
98.66	26.5	0.24	3.9	—	3.6	—	56.7	1.1	3265

From the data of Table 3 it may be supposed that in the section of the chromosome between *ru* and *h*, under the influence of the X-rays, there occurred still another inversion, which suppressed exchange between loci *ru* and *h*, and *h* and *D*.

As has been pointed out, when crossing is conducted according to the scheme of Table 1, there remains uninvestigated a section of the chromosome of 56.7 units. Therefore, culture No 21/430, as also the line before it was X-rayed, had been tested by a special crossing according to the scheme shown in Table 2. This was the more necessary since re-inversion might take place after X-raying.

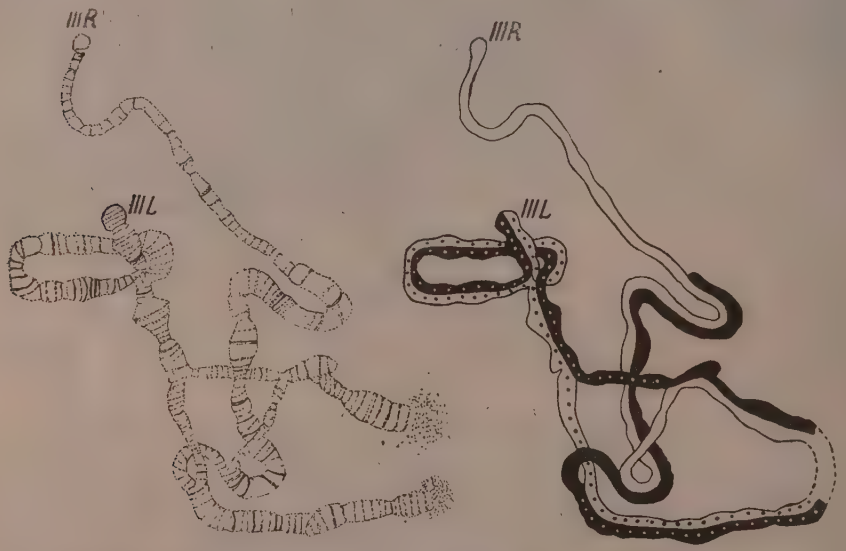
Table 4

0	1		2		3		4		Total number of flies
Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	Distance by the map	Flies obtained, per cent	
98.1	3.6	0.1	14.2	0	32.9	0.3	9.6	1.5	3704

From the data of Table 4 it is apparent that culture No 21/430 gave no essential changes in respect of re-inversion. The right-hand boundary of inversion seems to remain, as before, near locus *ca*. Some changes in percentage of crossing over are to be noted between loci *D* and *st* (0.18 per cent and 0.06, 0.1 per cent, Tables 1 and 2), between loci *sb* and *ro* (0.06 per cent, Table 2, and 0.3 per cent, Table 4), between loci *st* and *ca* (0.98 per cent, Table 1 and 1.1 per cent, Table 3) and between loci *ro* and *ca* (1.2 per cent, Table 2, and 1.5 per cent, Table 4), but they are so slight that they may be attributed to variation in crossing over. In order to obtain a accurate picture of the chromosomal reconstructions taking place in the third chromosome of culture No 21/430, a cytological analysis was made by Painter's method.

As is apparent in the figure, an inversion took place in the distal end of the left arm, suppressing exchange between loci *ru* and *h*, and *h* and *D* (Table 3); it has the typical loop-shaped configuration of a heterozygous inversion.

In the direction towards the chromocentre (see fig.), we see yet another inversion one rarely met, affecting both arms of the third chromosome and including within itself the spindle fibre also. In this inversion, as a result of the separation of the proximal ends in the chromocentre, the picture of the loop is not present. But when we join these proximal ends together on the diagram, we obtain a loop-shaped conjugation of the chromosomes similar to that seen in the distal end of III L. Such a loop-shaped conjugation of the chromosomes, in one of which inversion has taken place, including the spindle fibre within itself, is described for the first time. An instance of inversion which embraced the two arms with the spindle fibre in the second chromosome was described by Schultz and Dobrzhansky in 1934, but they did not give the picture of the conjugation of a heterozygous inversion.



In thefigure it is apparent that the inversion affected a very small portion of the proximal end of III *R*, hence the reason for the suppression of crossing over between loci *sd* and *ro*, and between *ro* and *ca* remains unexplained. But, as is also apparent from the figure, at the distal end of III *R* the chromosome from being double passes into singleness. All the preparations examined have shown that the place of separation of a double chromosome into two single ones is always marked by the same disks. Of all the preparations examined, only one was found in which an incomplete conjugation of the distal end of III *R* could be seen. This occupied a section of the chromosome no greater than 6 units—from the 88th to the 94th unit as noted by Painter in his map of the chomosomes of the salivary glands. On this basis, it can be supposed that the distal end of III *R* has a small inversion which hinders normal exchange between loci *sb* and *ro*, and between *ro* and *ca*.

Thus, we have obtained the line we sought for in *Drosophila melanogaster* in which crossing over is almost completely suppressed over the whole length of the third chromosome.

Laboratory of Genetics.
Leningrad State University.

Received
3.XII.1936.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

PLANT PHYSIOLOGY

ON THE ACCUMULATION OF CITRIC ACID IN MAKHORKA (*NICOTIANA RUSTICA* L).

By S. O. GREBINSKIJ

(Communicated by A. A. Richter, Member of the Academy, 27. XI 1936)

As a result of the investigations carried on by A. A. Shmuk, low grade tobacco, makhorka, has become the most important raw stuff for the industrial production of citric acid. However, the citric acid content of this plant is subjected to much fluctuation, depending on the variety and the district where grown [8]. On this account, it is highly important to learn the conditions under which citric acid is stored up in makhorka and to acquire mastery over the process.

Regarding the formation of citric acid in plants as a function of nitrogenous and carbohydrate metabolism, we studied the influence of girdling and of low topping on citric acid accumulation. With low topping, the tobacco plant becomes rich in nitrogen [Smirnov [6], Čeremsin and Mikhailova [7], Garner and fellow workers, and others]. Subjected to girdling, the tobacco plant becomes rich in carbohydrates [Rayevski [5]]. In our experiments, seedlings of the experimental plants (Bakun No 18, from All-Union Institute of Plant Industry) were set out on June 9, 1935. By the end of July, the plants were about 60 cm high and bore 9 to 11 leaves. On July, 31, part of the plants were girdled low on the stalk, while the rest were subjected to low topping, only the lower six leaves being left. The control and girdled plants were topped in the usual manner (high topping). Leaf halves, killed by steam and then dried at 70° were used for analysis. Nicotine was determined by Keller's method, and citric acid by that of Kometiani. Sugars determined by Bertrand's method, and starch by the colorimetric method of Palogeimo, as described by N. N. Ivanov [9].

Girdling the plants produced a sharp accumulation of all kinds of carbohydrates and at the same time decreased the content of ashes, calcium, total nitrogen, nicotine and citric acid. Low topping, on the other hand, led to increased content of nitrogen, nicotine and citric acid, while the carbohydrates content markedly decreased. With low topping, the leaves of makhorka continue to grow and their surface enlarges greatly; consequently, the yield of dry leaves is not less than in the control. As a result, the citric acid obtained from a single plant subjected to low topping is 45 per cent greater than in the control, while the nicotine content is twice greater.

Table 1

The Dynamics of Substances in the Ripening Leaves of Bakun (in percentages of dry weight))

Treatment and date of analysis	Leaves	Humidity	Total nitrogen	Nicotine nitrogen	Soluble sugars	Starch	Total carbohydrates	Citric acid %	Yield from 1 planting	Ashes	Calcium
Control July 31	Upper .	88.5	4.91	0.138	2.38	1.67	4.05	1.12	—	—	—
	Lower .	91.7	3.40	0.185	2.03	0.56	2.54	3.82	—	—	—
Control August 23	Upper .	84.8	4.37	0.206	3.67	1.60	5.27	2.21	—	11.55	1.42
	Lower .	88.8	3.63	0.351	2.74	0.94	3.68	5.23	—	14.00	5.45
	All . .	86.8	4.00	0.278	3.21	1.27	4.48	3.72	1.96	12.78	3.44
Girdled August 23	Upper .	82.3	3.27	0.105	7.25	8.93	16.18	1.14	—	6.59	0.86
	Lower .	89.2	2.61	0.185	5.45	5.17	10.62	3.54	—	11.46	4.17
	All . .	85.7	2.94	0.145	6.36	7.05	13.41	2.34	1.48	9.03	2.52
Low-topped August 23	All . .	87.1	4.66	0.615	2.67	0.60	3.27	5.37	2.84	15.81	4.45

* Leaves insufficiently ripened.

Analyses on dessicated leaves showed still greater difference in the results, since the greatest absolute increase in citric acid takes place in the leaves of plants that have been low-topped, whereas, in girdled plants, this increase is not great, as a result of a proportionally great fall in dry weight when dessicating these plants.

Analogous results vere obtained also when the whole bakun plant was dessicated. The data brought forward seem to indicate low topping as practical means of increasing the yield of citric acid from makhorka (if fully ripened leaves are cropped) and, at the same time, of increasing the yield of nicotine. A high nicotine and citric acid content in the initial raw material, at the expense of waste matter, would probably facilitate industrial treatment.

As yet, both the laws of accumulation of organic acids in tobaccos and the sources of their formation remain unexplained. Smirnov (6) observed an increase of organic acid content in yellow tobaccos after they were topped in the usual way. Garner and his fellow workers (1934) pointed out an increase in the content of oxy-acids and in the concentration of hydrogen ions in yellow tobaccos when nitrogenous fertilizers were used. Girko and Butovskaja (3) remarked a rise in the concentration of hydrogen ions in makhorka, when grown with nitrogenous fertilizers.

On the other hand, Garner, McMurtrey and Bowling (1,2) showed that with excess of chlorine in the soil, the content of organic acids falls in the tobacco leaves, which are full with starch.

Table 2

Influence of Dessication of Leaves of Bakun on Yield of Citric Acid and Nicotine

(In grams per 1 m² of initial leaf surface and in percentages of the dry weight, both before and after dessication)

Treatment	Leaves	Before dessication (August 23)					After dessication (August 25)					
		In grams per unit surface			In percentages		In grams per unit surface			In percentages		
		Dry weight	Nicotine	Citric acid	Nicotine	Citric acid	Dry weight	Nicotine	Citric acid	Nicotine	Citric acid	Yield of citric acid from 1 plant in grams
Control	Upper . . .	41.47	0.95	0.92	2.29	2.21	39.30	0.93	1.34	2.37	3.41	2.84
	Lower . . .	37.45	0.76	1.96	2.04	5.23	35.03	0.78	2.85	2.23	8.15	—
Girdling	Upper . . .	50.70	0.31	0.58	0.62	1.14	44.96	0.28	0.65	0.69	1.44	—
	Lower . . .	40.92	0.44	1.45	1.07	3.54	37.19	0.36	1.80	0.98	4.84	1.74
Low-topping	All	43.00	1.53	2.31	3.56	5.37	40.40	1.48	3.41	3.71	8.44	4.37

A comparison of these data with our results seems to show that the various influences that effect the accumulation of nitrogen in makhorka plants might be used to increase the citric acid content in the ripe leaves of makhorka. On the other hand, the various measures that produce an excess of carbohydrates above the usual norms appear to lower the citric acid content of these plants. At the same time, the very close connection between the ash content, especially the calcium content, and citric acid, indicates that along with a rich nitrogenous nourishment, it is necessary also to supply the plant with sufficient amount of the mineral elements, especially calcium, which combines with the citric acid formed.

It has long been known that in the ripening of tobaccos, the accumulation of citric acid and of nicotine go along together, the tobacco plant being in this case always regarded as a whole. However, the connection between these processes must not be considered a direct one, as shown by a comparison of the composition of the upper leaves, rich in nicotine and poor in citric acid, with that of the lower leaves, rich in cirtic acid and poor in nicotine.

It is also to be noted that the data obtained from girdled plants do not confirm the hypothesis of Kostyčev (4) that citric acid forms under conditions of limited nitrogen supply. Nor is this hypothesis confirmed by modern data obtained from experiments with aspergillum.

A prerequisite of the practical utilization of low topping, as one of the simple measures for increasing citric acid and nicotine content, is the ascertainment of the best periods for carriyng out the operation on the various varieties of makhorka, as well as of the varieties that give the best results in this regard.

I desire to express my sincere gratitude to my adviser in this work, Prof. S. D. Lvov, and to Academician V. N. Liubimenko, supervisor of the Department of Experimental Botany, Botanical Gardens of the Academy of Sciences of the USSR, where the work was carried on.

Laboratory of Plant Physiology
Leningrad State University.

Received
27.XI.1936.

REFERENCES

[1] W. W. Garner, J. E. McMurtrey, C. W. Bacon a. E. G. Moss, Journ. Agr. Res., **40**, 627—648 (1930). [2] W. W. Garner, C. W. Bacon, J. D. Bowling a. D. E. Brown, U. S. Dep. Agr. Techn. Bull., **414**, 3—77. [3] И. А. Гирько и В. А. Бутовская, Труды Всес. и-та махор. пром., I, 46—65 (1933). [4] С. П. Костычев, Физиология растений, ч. I. М.—Л. (1933). [5] В. Г. Раевский, Сборник трудов махор. пром-ти, 3—22, III (1928). [6] А. И. Смирнов, Физиолого-биохимические основы обработки табачного сырья, Краснодар (1933). [7] Т. С. Черемсин и. И. В. Михайлова, Сборник работ по никотину, Киев (1933). [8] А. А. Шмук, Табачная промышленность, **3**, 11—14 (1934). [9] Н. Н. Иванов, Методы биохимии и физиологии растений, 3-е изд. (1935).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

INFLUENCE DE L'INDUCTION LUMINEUSE SUR LE DÉVELOPPEMENT DE *PERILLA OCYMOIDES*. I

E. D. BOUSLOVA et V. N. LUBIMENKO, membre correspondant de l'Académie

Les expériences de Botvinovsky (1) et celles de Lubimenko et Sceglova (2) et (3) ont démontré que *Perilla ocymoides*, qui est une plante de journée courte, manifeste une réaction très rapide et très pronocée sous l'influence de la longueur du jour, en donnant successivement des pousses fleurissantes et végétatives.

Vu cette sensibilité exceptionelle, nous avons décidé de nous servir de cette plante pour élucider certaines questions concernant le photopériodisme.

La première question posée peut être formulée ainsi: le tissu embryonnaire du point de croissance peut-il passer à l'état d'irréversibilité dans le sens de la perte de sa capacité de croissance végétative après la floraison, et cet état, s'il peut avoir lieu, se manifeste-t-il avant ou après la formation des boutons des fleurs. Et ensuite: quel est le facteur qui provoque l'accélération de la floraison des plantes de courte journée, la lumière ou l'obscurité?

Les expériences ont été faites à Kiev en 1935 et 1936 en été à partir du mois de juin, lorsque la longueur du jour est à peu près de 16 heures. Les plantes ont été exposées en 1935 à une journée de 9 et 8 heures, la journée normale étant partagée en deux parties: celle du matin jusqu'à une heure a. m. et celle du soir, d'une heure jusqu'au soir; une partie des plantes ont été exposée à la courte journée pendant 30 jours, tandis que l'autre jusqu'à la fin de son développement.

Cette expérience a démontré qu'une induction de jour court ayant lieu pendant 30 jours, en commençant par le moment de l'apparition des plantules, produit dans les plantes un état d'irréversibilité dans le sens qu'elles perdent leur capacité de renouveler la croissance végétative, lorsqu'elles sont exposées à la journée longue. Cet état d'irréversibilité se manifesta avant la formation des boutons des fleurs, 32 jours après le moment d'apparition des plantules. L'épanouissement de la première fleur eut lieu au bout de 42 jours chez les plantes ayant joui de la partie matinale de la journée, et au bout de 38 jours chez celles qui jouissaient de la seconde moitié de la journée, tandis que les plantes de contrôle ne fleurirent qu'après 61 jours.

On a pu observer chez les plantes qui ont subi l'expérience, hormis l'accélération de la floraison, un affaiblissement extrême dans le dévelop-

pement des organes végétatifs. Le poids sec d'une seule plante, après la fin de sa floraison, n'atteignait que 6.9% du contrôle pour la série recevant la lumière du matin, et 6.6% pour celle recevant la lumière du soir.

Si les fleurs etaient de grandeur normale, les feuilles, les tiges et les racines restaient très petites et les plantes montraient une apparence naine comme on le voit sur la fig. 1.

En 1936 nous avons appliqué seulement les inductions de 4 heures et de 8 heures, les plantes étant éclairées à des heures différentes de la journée et l'induction se prolongeant pour certaines variantes 10, et pour d'autres 20 journées. L'expérience était faite avec des plantules de deux dates d'ensemencement de sorte qu'on expérimentait simultanément avec des plantules de la première date d'ensemencement, âgées de 18 journées, et des plantules

Fig. 1. Plantes du même âge. *1*—développée sous une journée de 16 heures, *2*—sous une demi-journée, partie du matin, *3*—partie du soir.

de la seconde date, âgées de 5 journées et qui avaient poussé avant le commencement de l'expérience à la journée longue. Les moments d'ensemencement étaient choisis d'une telle manière que la durée du jour naturel fut aussi proche que possible de 16 heures pendant la période de l'induction. Le tableau qui suit donne le nombre des jours à partir de l'apparition des plantules et jusqu'à l'éclosion de la première fleur. Il est à remarquer que les plantes de plusieurs de nos variantes ont fleuri deux fois et qu'entre ces deux floraisons a eu lieu la croissance végétative plus ou moins prononcée avec un allongement caractéristique des internodes et une formation de feuilles ordinaires au lieu des bractées. Cependant la première floraison était caractérisée le plus souvent par la formation de fleurs isolées, se développant des bourgeons axillaires des feuilles ordinaires. Ce bourgeon donnait au lieu d'une inflorescence normale sous forme d'épi compacte, une seule fleur. La seconde floraison était, au contraire, normale, formant des inflorescences ordinaires en forme d'épis. En analysant les données du tableau qui suit, il faut comprendre sous le terme de 1-re floraison précisément celle qui est caractérisée par l'apparition des fleurs isolées.

№ des variantes	Nombre de jours de l'induction lumineuse	Heures de la journée, quand les plantes étaient éclairées	Nombre de jours depuis l'apparition des plantules et jusqu'à l'éclosion de la première fleur			
			Première date d'ensemencement. Plantules âgées de 18 jours		Seconde date d'ensemencement. Plantules âgées de 5 jours	
			1-re floraison	2-e floraison	1-re floraison	2-e floraison
		Journée de 8 heures				
1	20	De 8 h. du matin à 4 h. a. m. . . .	—	43	33	80
2	20	De 12 h. du jour à 8 h. du soir .	—	46	39	85
3	20	Du lever du soleil à midi	50	93	47	84
4	10	Du midi à 8 h. du soir	61	92	—	82
5	10	De 4 h. du matin à midi	73	95	—	82
		Journée de 4 heures				
6	10	De 10 h. du matin à 2 h. a. m. . .	77	91	—	77
7	10	De 2 h. a. m. à 6 h. du soir . . .	90	94	—	80
8	10	De 6 h. à 10 h. du matin	92	94	—	84
9	10	De 8 h. du matin à midi	94	98	—	87
10	10	Du midi à 4 h. a. m.	94	99	—	85
11	10	De 4 h. à 8 h. du matin	—	99	—	87
12	10	De 4 h. a. m. à 8 h. du soir . . .	—	100	—	87
		Contrôle				
13	0	De 4 h. du matin à 8 h. du soir	—	93	—	82

Les chiffres du tableau montrent que c'est l'induction de 8 heures par jour, prolongée durant 20 journées, pendant laquelle les plantes recevaient la plus forte lumière et à la plus haute température (1-re variante) qui a été la plus effective au point de vue de l'accélération de la floraison.

Cette variante se rapproche de la variante № 2, avec l'éclairement pendant la seconde moitié de la journée. Les plantes de la première date de l'ensemencement passèrent à l'état d'irréversibilité après cette induction et terminèrent le cycle de leur développement après la floraison. Quant aux plantes de la seconde date d'ensemencement, on peut y observer deux périodes de floraison, partagées par la croissance végétative. La variante № 3 a donné aussi deux periodes de floraison pour les deux dates d'ensemencement (fig. 2).

L'induction, prolongée pendant 10 jours seulement, s'est montrée beaucoup moins effective pour la première date d'ensemencement et ne manifesta aucun effect pour la seconde. En ce qui concerne l'induction de 4 heures par jour prolongée pendant 10 journées, c'est seulement la variante № 6, avec le plus fort éclairement et la température la plus haute, qui a manifesté une accélération nette de la floraison. Les variantes 11 et 12 avec la plus faible lumière et la température la plus basse, où la floraison retarde par rapport à celle du contrôle, se distinguent aussi nettement des autres.

Ces autres variantes occupent une place intermédiaire.

Il faut donc constater que ce n'est pas l'obscurité mais la lumière, et en plus celle d'une grande intensité, combinée avec la haute température, qui se trouve être le facteur actif, produisant l'accélération de la floraison chez les plantes de jour court. La lumière faible produit une action contraire, elle favorise la croissance végétative et retarde la floraison.

Nos expériences montrent en même temps qu'il suffit de l'induction lumineuse prolongée pendant 20 jours pour que le tissu embryonnaire des points de croissance passe à l'état d'irréversibilité, dans lequel il perd sa capacité de formation d'organes végétatifs.

Cet état apparaît bien avant la formation des boutons floraux et peut être considéré comme une différentiation spécifique du protoplasme, déterminant le développement postérieur de la pousse, ce qui correspond d'après la théorie de Lysenko à la fin du stade lumineux. Si l'induction est moins

Fig. 2. Plantes du même âge, dans chaque pot à gauche de la 1-re date d'ensemencement, à droite—de la 2-e date. *1*—induction pendant 20 jours par la démi-journée du soir, *2*—de même par la démi-journée du matin, *3*—de même, mais à l'éclairement de 8 h. du matin jusqu'a 4 h. du soir. *4*—contrôle.

effective, le point de croissance donne dès le commencement une pousse fleurissante, mais celle-ci se transforme ensuite en pousse végétative sous l'influence de la longue journée. Ce fait peut être expliqué ainsi: si l'induction est insuffisante, ce ne sont que les générations de cellules embryonnaires se trouvant sous l'influence de la courte journée pendant la période d'induction qui passent à l'état d'irréversibilité; les générations suivantes, nées sous la longue journée, ne conservent plus complètement le stimulus qu'ils avaient obtenu auparavant et donnent, sous l'action de la longue journée des formes transitoires d'abord et une pousse végétative ordinaire ensuite.

Cette explication fait donc supposser, que la différentiation irréversible du protoplasme ne se conserve que chez un certain nombre déterminé de générations de cellules. Si la multiplication des cellules du point de croissance se termine par ces générations, la floraison termine tout le développement postérieur de la pousse. Mais, si la capacité de multiplication se conserve, les générations de cellules se formant à neuf perdent peu à peu leur stimulus et passent à l'état primitif, permettant la réception d'une nouvelle stimu-

lation, diamétralement opposée. De cette manière l'induction lumineuse par la courte journée peut produire un effet différent: d'une part, elle produira à une forte intensité lumineuse une différentiation spécifique du protoplasme des cellules embryonnaires dans les points de croissance, déterminant ainsi le développement des pousses fleurissantes et limitant en même temps la multiplication des cellules, d'autre part, à une faible intensité lumineuse, elle renforcera, au contraire, la multiplication des cellules et produira la différentiation du protoplasme nécessaire au développement des pousses végétatives.

On pourrait en conclure que c'est non pas la longueur du jour par elle même, mais la durée de l'action de la lumière forte et de la lumière faible qui importe pour le développement des plantes de jour court. Cependant nos expériences, où le jour naturel a été partagé en deux parties sensiblement égales par l'intensité et la qualité spéctrale de la lumière, ont montré une réaction ordinaire sous forme d'accélération de la floraison par laquelle est caractérisé en général l'action du jour raccourci. Ainsi, si l'on allonge la période d'obscurité pour chaque journée, en conservant le même rapport quantitatif de la lumière intense et de la lumière faible, la réaction, produite par la forte lumière, sera renforcée.

On peut tirer de nos expériences les conclusions suivantes:

1. Dans les conditions d'éclairement naturel l'induction par la lumière intense produit une accélération tandis que l'induction par la faible lumière, un retard de la floraison chez *Perilla ocymoides*.

2. Le raccourcissement du jour naturel de 16 heures obtenu par le partage de la période claire en deux moitiés, égales par l'intensité et la qualité de la lumière, renforce la réaction, produite par la lumière intense et a pour résultat l'accélération de la floraison, en même temps qu'un affaiblissement prononcé dans le développement des organes végétatifs.

Laboratoire de physiologie végétale chimique,
Institut botanique de l'Académie des Sciences Ukranienne.
Kiev.

Manuscrit reçu
le 7.XII.1936.

LITTÉRATURE CITÉE

[1] В. Ботвиновский, Бот. журн. СССР, № 1 (1934). [2] В. Любименко, Сов. бот., № 6 (1933). [3] Любименко и Щеглова, Тр. Бот. ин-та Акад. Наук СССР, IV серия (1934).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XIV, № 3

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

CONTRIBUTION À LA THÉORIE DU PHOTOPÉRIODISME. II

Par V. N. LUBIMENKO, membre correspondant de l'Académie, et E. D. BOUSLOVA

Comme on le sait, l'ancienne hypothèse, émise par Sachs (1) sur les substances formant les organes (Organbildende Stoffe), vient de renaître dans ces derniers temps sous la forme renouvelée de la théorie des phytohormones. Si la question des hormones de croissance peut être considerée à présent comme élucidée, grâce à la préparation de ces substances à l'état pur, la question concernant les hormones du développement, et surtout les hormones de la floraison, se trouve encore à l'état de premières recherches.

Ayant étudié durant plusieurs années le phénomène du photopériodisme, l'un de nous (2) a émis l'hypothèse, que l'explication de l'influence du jour court et du jour long sur la floraison doit être cherchée dans l'appareil hormonal de la plante. Si l'échange chimique des substances est effectué dans l'organisme végétal par un appareil enzymatique fort compliqué, la direction des réactions enzymatiques, leur dépendance réciproque et leur ordre de suite doivent avoir pour base un appareil régulateur spécial, appartenant au protoplasme vivant.

L'existence de cet appareil régulateur se manifeste très clairement dans les cas où, la cellule étant tuée, l'appareil enzymatique reste à l'état actif. Dans cette cellule tuée mais pas encore morte, d'après l'expression vive de Palladine, le travail de l'appareil enzymatique perd son ordre normal et manifeste un caractère chaotique.

C'est ce qui nous amène à croire que l'appareil hormonal est le facteur qui soutient et régularise la direction de l'échange physico-chimique des substances dans la cellule vivante.

C'est à cause de cela précisément que l'action de cet appareil doit se manifester le plus nettement dans le processus du développement, pendant lequel ont lieu des transformations chimiques très compliquées des substances primaires assimilées.

En nous basant sur ces considérations théoriques, nous avons cherché à expliquer le mécanisme intérieur de la réaction photopériodique des plantes du jour long et du jour court et à arriver ainsi, si c'est possible, à matérialiser la notion des hormones du développement. Dans notre étude antérieure («Influence de l'induction lumineuse sur le développement de *Perilla ocymoides*») nous avons montré que c'est la lumière d'une forte intensité qui est le facteur, produisant l'accélération de la floraison chez les plantes du jour court; la lumière faible au contraire retarde la floraison.

Certains travaux récemment publiés ont déjà constaté l'importance de l'influence de l'intensité lumineuse sur la réaction photopériodique et les éxigences variées de différentes espèces et différentes races, par rapport à l'intensité de la lumière ([3], [5]). Il a été indiqué de même que les substances qui activisent la floraison ne se forment pas dans les points de croissance, mais dans les feuilles ([4],[6]). Vu l'importance théorique de la question, concernant la localisation de la formation de ces substances, nous avons décidé de faire des expériences avec *Perilla ocymoides*, profitant de sa grande sensibilité à l'induction lumineuse et de sa mutabilité morphologique.

L'expérience a été faite avec des plantes cultivées au jour naturel de 16 heures, n'ayant pas encore commencé à former leurs boutons floraux, à peu près 15 jours avant le commencement de la floraison. Nous avons coupé les sommets de ces plantes avec leurs feuilles, 3 paires de feuilles étant prises pour l'expérience en comptant d'en haut. Dans le but d'arrêter le transport des produits de la photosynthèse des feuilles à la tige chez une plante a été coupé la nervure médiane d'une des deux feuilles à la base du limbe; la feuille non opérée de chaque paire servait de contrôle. Chez une seconde plante la même opération fut faite, mais en outre les feuilles opérées étaient tenues à l'obscurité de 4 h. du soir à 9 h. du matin, à l'aide de sacs en papier noir; elles recevaient donc un éclairement de 7 h. pendant la lumière la plus intense du jour. Enfin, une troisième plante ne fut soumise à aucune opération des nervures de ses feuilles, mais une des feuilles de chaque paire était tenue dans un sac en papier noir pendant les mêmes heures de la journée. L'expérience a été commencée le 8 août et les feuilles de la seconde et de la troisième plante ont reçu le jour raccourci jusqu'à 27 août (20 journées). Toutes les feuilles soumises à expérience possédaient des bourgeons axillaires qui devaient donner des inflorescences sous forme d'épis. A la fin de l'expérience les inflorescences se développèrent et le tableau suivant donne le nombre de jours, à compter du commencement de l'expérience et jusqu'à l'éclosion de la première fleur de l'inflorescence.

Manipulations faites aves les feuilles	Nombre de jours, écoulés du commencement de l'expérience à l'éclosion de la première fleur de l'inflorescence					
	Les pousses de la paire inférieure des feuilles		Les pousses de la paire des feuilles du milieu		Les pousses de la paire supérieure des feuilles	
	Expérience	Contrôle	Expérience	Contrôle	Expérience	Contrôle
1. La nervure médiane est coupée. Jour normale, de 15 heures	28	30	28	25	26	26
2. La nervure médiane est coupée. Jour raccourci, de 7 heures	28	30	27	27	26	27
3. Jour raccourci, de 7 heures. Feuilles normales	18	24	24	Pas d'éclosion	24	Pas d'éclosion

Les données de ce tableau montrent que la coupure de la nervure médiane ne modifie pas sensiblement par elle-même le terme de la floraison des pousses; on peut dire la même chose du raccourcissement du jour pour les feuilles à ner-

vures coupées. Le raccourcissement du jour sans coupure de la nervure accélère, au contraire, très sensiblement la floraison des pousses. Ainsi, chez la plante 3 la pousse inférieure de la feuille, recevant le jour raccourci, fleurit 6 jours plus tôt que celle de la feuille de contrôle. De même les pousses de contrôle du milieu et du haut ne fleurissaient pas encore le 1 septembre, lorsque la plante était enlevée pour être séchée, comme exemplaire d'herbier, tandis que les pousses soumises à l'expérience qui leur correspondaient avaient déjà des fleurs écloses. On peut voir sur la figure que toutes les feuilles sont beaucoup plus petites d'un côté que de l'autre; de même on voit que du côté où les feuilles recevant le jour raccourci sont plus petites, les pousses axillaires sont aussi plus courtes, que celles du contrôle.

La partie du sommet de *Perilla ocymoides* avec 3 paires de feuilles. Les feuilles gauches, plus petites, etaient ombragées de 4 heures du jour à 9 heures du matin. Les tiges des pousses axillaires sont plus courtes et les feuilles plus petites que chez les pousses du côté droit des feuilles non ombragées.

Nous avons ainsi sous les yeux une démonstration typique de l'affaiblissement de la croissance végétative et de l'accélération de la floraison, ayant pour cause le jour raccourci.

Comme l'influence du jour raccourci dans notre expérience n'ont subi que les feuilles, tandis que les bourgeons se développaient au jour long, il faut reconnaître, que l'impulsion à l'affaiblissement de la croissance végétative et à l'accélération de la floraison des pousses axillaires venait des feuilles ombragées. On pourrait sans doute supposer que l'affaiblissement du développement des feuilles, ainsi que des pousses axillaires, provient de la quantité insuffisante de substances nutritives plastiques, se manifestant sous l'influence du raccourcissement du jour, car les feuilles ombragées ne pouvaient employer à la photosynthèse que 7 heures par jour. Cependant cette supposition se trouve contrariée par le fait que la limitation de l'affluence des substances assimilées, à l'aide de la coupure de la nervure médiane des feuilles, n'a produit dans notre expérience ni un raccourcissement des pousses, ni une accélération de la floraison.

Il faut donc chercher une explication de ce fait dans la formation dans les feuilles ombragées d'une substance active spéciale qui afflue au bourgeon axillaire par les voies conductrices avec des substances assimilées. La coupure de la nervure principale chez les feuilles ombragées, en retenant le transport des substances assimilées, détruit, comme le montre l'expérience, l'influence de l'ombragement sur le développement de la pousse axillaire. Les feuilles ombragées recevaient dans notre expérience pendant 7 heures la lumière la plus intense ce qui était favorable à la formation de la substance active. Cette substance devait se former aussi chez les feuilles non ombragées dans les mêmes heures de la journée. Cependant ces feuilles recevaient encore pendant 8 heures de la journée une lumière plus faible, qui, comme on le voit d'après les données de notre première communication, activise, au contraire, la croissance végétative. Comme résultat de cette action combinée de la lumière intense et de la lumière faible, les pousses axillaires ont fleuri, il est vrai, mais leur tige et leurs feuilles ont été plus fortement développées.

Nos expériences ne permettent pas encore, bien entendu, de parler avec plus de netteté des hormones de floraison et de ceux de croissance végétative, mais elles montrent avec une probabilité suffisante la localisation de la réception de l'impulsion lumineuse par les feuilles et le rôle passif du tissu embryonnaire des points de croissance.

Les données obtenues permettent de tirer les conclusions suivantes:

1. Le raccourcissement du jour naturel jusqu'à 7 heures par le moyen de l'ombragement des feuilles isolées (à partir de 4 heures du soir et jusqu'à 9 heures du matin), a pour résultat chez *Perilla ocymoides* l'accélération de la floraison des pousses axillaires et l'affaiblissement du développement de leur tige et de leurs feuilles.

2. La coupure de la nervure principale des feuilles ombragées supprime l'effet du jour raccourci.

3. L'accélération de la floraison et l'affaiblissement du développement des organes végétatifs sont dûs à l'action d'une substance active spéciale, élaborée par les feuilles et affluant dans les pousses axillaires par les voies qui servent au transport des substances assimilées des feuilles à la tige.

Laboratoire de physiologie chimique
végétale de l'Institut botanique
de l'Académie des Sciences Ukranienne.
Kiev.

Manuscrit reçu
le 7.XII.1936.

LITTÉRATURE CITÉE

[1] J. Sachs, Arb. Bot. Inst. Würzburg, III, H. 3 (1887). [2] В. Н. Любименко, Советск. бот., № 6 (1933). [3] Mc Kinney a. Sando, Journ. of Agric. Res., **51**, 7 (1935). [4] Л. С. Литвинов, Изв. Пермск. биолог. н.-иссл. ин-та, IX, вып. 1—3. [5] В. И. Разумов, Социал. растениеводство, серия А, № 15 (1935). [6] M. Ch. Cailachjan, C. R. Acad. Sci. URSS, III, № 9 (1936).